

3100097009824

TUGAS AKHIR (OE 1701)

**TINJAUAN TEKNIS KERUSAKAN YANG TERJADI  
PADA DERMAGA PENYEBERANGAN SELAT MADURA  
DI TANJUNG PERAK SURABAYA**

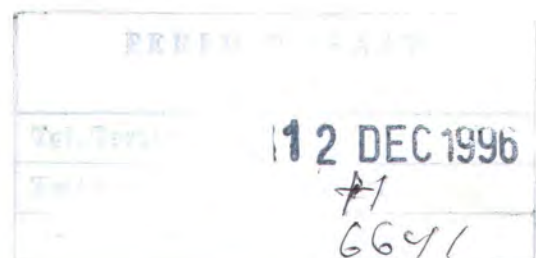


R. Ska  
627.31  
Abd  
L-1  
1996

Oleh :

**AKHMAD ABDULLAH**  
(4391.100.026)

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1996**





DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS - Sukolilo, Surabaya 60111 Telp. 5947254, 597274 psw. 144 Telex 34224 Fax 5947254

TUGAS AKHIR ( OE.1702 )

NO. : 101/PT.12.FTK4.H8/Q/96

MATA KULIAH : TUGAS AKHIR  
NOMOR MATA KULIAH : OE.1702  
NAMA MAHASWA : Akhmad Abdullah  
NOMOR POKOK : 439100026  
TGL.DIBERIKAN TUGAS : 17 Juli 1996  
TGL.SELESAINYA TUGAS : 17 Januari 1997  
DOSEN PEMBIMBING : 1. Dr. Ir. W.A. Pratikto, M.Sc  
2. Ir. Handayanu, M.Sc

TEMA / URAIAN / DATA-DATA YANG DIBERIKAN / JUDUL TUGAS AKHIR :

TINJAUAN TEKNIS KERUSAKAN YANG TERJADI PADA DERMAGA PENYEBERANGAN SELAT  
MADURA DI TANJUNG PERAK SURABAYA

DAFTAR RANGKAP 4 :

Mahasiswa ybs.  
Mekan FTK-ITS  
Dosen Pembimbing  
Kepala Jurusan .

Surabaya, 17 Juli 1996  
Ketua Jurusan ;

Dr.Ir.Eko Budi Djatmiko, MSc.  
NIP.131 407 592

**TINJAUAN TEKNIS KERUSAKAN YANG TERJADI  
PADA DERMAGA PENYEBERANGAN SELAT MADURA  
DI TANJUNG PERAK SURABAYA**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kelautan**

**Pada**

**Progam Studi Teknik Kelautan**

**Fakultas Teknologi Kelautan**

**Insitut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**Mengetahui / Menyetujui  
Dosen Pembimbing**



**Ir. W.A. Pratikto, MSc. Ph.D**

**Nip. 130 816 210**

**SURABAYA**

**Oktober, 1996**

*Kupersembahkan untuk :*

*Bapak, Ibu, Saudara-saudaraku, dan Seseorang  
yang diperkenankan Tuhan untuk menjadi  
pendamping hidupku serta Almamaterku*



## **Kata Pengantar**

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah swt atas berkat rahmat dan barokahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini, yang merupakan persyaratan kelengkapan kurikulum pada Fakultas Teknologi Kelautan, Program Studi Teknik Kelautan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan kepada:

- Bapak DR. Ir Eko Budi Djatmiko, dan Bapak Ir. Imam Rohani MSc, selaku ketua PST Teknik Kelautan dan Sekretaris PST Teknik Kelautan.
- Bapak Ir. W,A, Pratikto, MSc, Ph.D, selaku dosen pembimbing yang dengan segenap waktu, pemikiran dan tenaganya, telah membantu penyelesaian penyusunan Tugas Akhir ini, dan telah memberikan kesempatan besar serta wejangan yang berguna bagi kehidupan mendatang.
- Bapak Ir. Jusuf Sutomo, MSc, selaku dosen wali.
- Yoni Arianawati dan Galih yang selalu memberikan rasa cinta, tenaga, pikiran, waktu, dan segalanya sehingga terselesaikan Tugas ini.
- Mas Medy, Mbak Nung, Mas Udin, Mbak Sri, Mas Mansur, Mas Ozan, Khalimi, Danang, Wahyu, dan siganteng Gilang Romadhan yang telah memberikan dukungan materiil dan spiritual.
- Bapak dan Ibu di Pacitan yang tercinta yang telah memberikan rasa percaya diri bagi penulis.
- Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhirnya sangat disadari atas segala kekurangan dan kelemahan dari Tugas Akhir ini sehingga diharapkan kritik dan saran serta penyempurnaan tulisan ini.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, Oktober 1996

**Penulis**

## ABSTRAK

Faktor yang paling sering mengakibatkan terjadinya kerusakan yang fatal adalah karena tidak diperhatikannya hal-hal yang kecil yang sebenarnya mempunyai pengaruh kinerja pada suatu sistem. Seperti halnya yang terjadi pada dermaga II Ujung Surabaya bahwa kerusakan-kerusakan yang terjadi sebenarnya tidak mempengaruhi kinerja dari dermaga, tetapi hal ini tidak bisa diabaikan begitu saja, untuk itu perlu dicari faktor penyebab dan bagaimana cara penanggulangannya.

Dari perhitungan beban-beban yang bekerja pada dermaga koison, maka harga beban statis adalah 1.409,3 ton dan beban dinamis adalah 745,8 ton, kemudian beban yang diakibatkan oleh kapal yang bersandar adalah 973,4 ton. Dari ketiga beban tersebut jika dijumlahkan dihasilkan beban sebesar 3.128,5 ton, hal ini berarti masih dibawah dari beban yang diijinkan yaitu sebesar 10.000 ton. Kemudian besar gaya dan tegangan yang bekerja pada pile dapat ditentukan yaitu 98 KN dan 131.320,12 KN/m<sup>2</sup>, harga inipun masih dibawah dari beban yang diijinkan yaitu sebesar 150 KN dan 201.000 KN/m<sup>2</sup>

Selain faktor umur yang mencapai 15 sampai dengan 20 tahun, frekuensi dan besar beban yang bekerja pada dermaga, maka ada faktor lain yaitu pemasangan fender. Pemasangan fender tidak hanya berfungsi pada dermaga tetapi sebagai pengaman kapal agar kapal tidak rusak. Dengan menentukan energi impact yang terbesar yaitu  $E = 0,272$  ton.m sampai dengan 2.2 ton.m, maka dapat ditentukan jenis fender dengan model cylindrical dengan ukuran diameter ( 250 x 125 ), ( 300 x 150 ), dan ( 500 x 250 ) dalam ukuran mm.



## DAFTAR ISI

Kata Pengantar	
Abstrak	
Daftar Isi	
Daftar Gambar	
Daftar Tabel	
Daftar Lampiran	

### BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang .....	I.1
1.1.1	Informasi Kegiatan Penyeberangan Selat Madura ..	I.3
1.2	Tujuan Penelitian .....	I.4
1.3	Manfaat Penelitian .....	I.4
1.4	Batasan Masalah .....	I.4
1.5	Metode Penyelesaian .....	I.5

### BAB II DASAR TEORI

2.1	Konsep Usaha Energi .....	II.1
2.2	Berat Kapal .....	II.3
2.3	Metode Perhitungan Berthing Impact .....	II.5
2.4	Teori Tegangan .....	II.6
2.4.1	Tegangan Akibat Gaya Aksial .....	II.6
2.4.2	Tegangan Akibat Moment Lentur .....	II.7
2.4.3	Tegangan Akibat Gaya Geser .....	II.9
2.5	Jenis-jenis Konstruksi Dermaga .....	II.10
2.5.1	Dermaga Dinding Berbobot .....	II.10
2.5.2	Dermaga Dengan Tiang Pancang .....	II.11
2.5.3	Dermaga Dengan Dinding Turap Atau Dinding Penahan .....	II.12
2.5.4	Dermaga Konstruksi Koison .....	II.12
2.5.5	Dermaga Dengan Konstruksi Ganda .....	II.13

2.6	Gaya yang Bekerja pada Struktur Dermaga .....	II.14
2.7	Beban yang Diterima Dermaga oleh Air Laut .....	II.16
2.7.1	Beban Hidrostatik .....	II.16
2.7.2	Beban Dinamis .....	II.19

### **BAB III SISTEM FENDER UNTUK PELABUHAN DAN PERMASALAHANNYA**

3.1	Perencanaan Sistem Fender .....	III.2
3.1.1	Berat Kapal .....	III.2
3.1.2	Berat Tambah .....	III.3
3.1.3	Kecepatan Bertambat .....	III.5
3.1.4	Eksentrisitas Faktor .....	III.6
3.1.5	Persamaan-persamaan Penjumlahan Energi Penambatan .....	III.8
3.1.6	Energi yang Diserap oleh Fender .....	III.10
3.1.7	Pendekatan dari Kondisi Alam .....	III.13
3.1.8	Batasan-batasan dari Kapal .....	III.15
3.2	Jenis-jenis Fender .....	III.17
3.2.1	Fender Kayu .....	III.17
3.2.2	Fender Karet atau Fender Pegas (Spring) .....	III.18
3.2.3	Fender Sistem Gravitasi (Gravity System Fender) .....	III.19
3.2.4	Fender Apung (Floating Fender) .....	III.20

### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN MASALAH**

4.1	Umum .....	IV.1
4.1.1	Sejarah Ringkas Angkutan Penyeberangan .....	IV.2
4.1.2	Keadaan Data dan Informasi Kinerja Penyeberangan .....	IV.3
4.1.3	Data Kapal Penyeberangan .....	IV.4



4.2	Kondisi Lingkungan .....	IV.5
4.2.1	Letak Geografis dan Kondisi Meteorologi .....	IV.5
4.2.2	Gelombang Angin .....	IV.6
4.2.2.1	Karakteristik Gelombang Angin .....	IV.7
4.2.2.2	Pembangkitan Gelombang .....	IV.9
4.2.2.3	Kecepatan Angin .....	IV.10
4.2.2.4	Fetch .....	IV.12
4.2.3	Pasang Surut .....	IV.15
4.3	Beban-beban yang Ada .....	IV.15
4.3.1	Beban Statis .....	IV.16
4.3.2	Beban Dinamis .....	IV.17
4.3.3	Beban Impact .....	IV.20
4.4	Jenis Dermaga Ujung yang Ditinjau .....	IV.23
4.4.1	Dermaga Tiang Pancang .....	IV.23
4.4.2	Kondisi Kerusakan Tiang Pancang .....	IV.24
4.4.3	Dermaga Konstruksi Coisson .....	IV.31
4.4.4	Kondisi Kerusakan Konstruksi Coisson .....	IV.32
4.5	Pemilihan Jenis Fender .....	IV.36
4.5.1	Jenis Fender yang Digunakan .....	IV.36
4.5.2	Jumlah dan Letak Pemasangan Fender .....	IV.41

## **BAB V    PENUTUP**

5.1	Kesimpulan .....	V.1
5.2	Saran .....	V.3

**Daftar Pustaka**

**Lampiran**

## Daftar Gambar

Gambar 2.1	Sistem yang bergerak dalam bidang datar .....	II.2
Gambar 2.2	Ukuran kapal .....	II.4
Gambar 2.4.1	Tegangan akibat gaya aksial .....	II.7
Gambar 2.4.2	Tegangan akibat momen lentur.....	II.8
Gambar 2.4.3	Tegangan akibat gaya geser .....	II.9
Gambar 2.5.1	Dermaga dinding berbobot .....	II.11
Gambar 2.5.2	Dermaga tiang pancang .....	II.11
Gambar 2.5.3	Dermaga dengan dinding turap atau dionding penahan .....	II.12
Gambar 2.5.4	Dermaga konstruksi koison .....	II.13
Gambar 2.5.5	Dermaga konstruksi ganda .....	II.13
Gambar 2.6.1	Gaya yang bekerja pada struktur dermaga .....	II.15
Gambar 2.6.2	Beban hidrostatik .....	II.16
Gambar 2.6.3	Beban hidrostatik pada bidang miring .....	II.17
Gambar 2.7.2.1	Macam gelombang .....	II.20
Gambar 2.7.2.2	Standing wave .....	II.22
Gambar 2.7.2.3	Kerusakan yang diakibatkan oleh gelombang .....	II.23
Gambar 3.1.4.1	Batasan yang menentukan faktor eksentrisitas .....	III.6
Gambar 3.1.4.2	Grafik nilai K .....	III.7
Gambar 3.1.6.2	Grafik nilai Fae .....	III.10
Gambar 3.1.6.2	Grafik nilai Far .....	III.11
Gambar 3.1.6.3	Grafik nilai enrgy arbsorption, defleksi, dan reaksi force ...	III.12
Gambar 3.1.7.1	Pemasangan fender dengan nilai pasang surut cukup besar	III.13
Gambar 3.1.7.2	Gaya angin yang bekerja pada kapal .....	III.14



Gambar 3.1.8.1	Bentuk kurvatur kapal arah vertikal .....	III.16
Gambar 3.1.8.2	Bentuk kurvatur kapal arah horisontal .....	III.16
Gambar 3.2.1.1	Fender kayu .....	III.17
Gambar 3.2.2.1	Fender karet .....	III.18
Gambar 3.2.2.2	Fender spring .....	III.19
Gambar 3.2.3.1	Fender grafitasi .....	III.19
Gambar 3.2.4.1	Fender apung .....	IV.20
Gambar 4.2.1.1	Gelombang angin.....	IV.7
Gambar 4.2.2.1.1	Gelombang acak .....	IV.8
Gambar 4.2.2.3.1	Distribusi kecepatan angin .....	IV.10
Gambar 4.2.2.3.2	Faktor koreksi $R_T$ dan $RL$ .....	IV.13
Gambar 4.2.2.3.3	Grafik perkiraan gelombang .....	IV.14
Gambar 4.3.1.1	Gaya hidrostatik (gaya statis) .....	IV.16
Gambar 4.3.2.1	Diagram gaya gelombang "Standing Wave" .....	IV.19
Gambar 4.3.3.1	Arah penambatan kapal ke dermaga.....	IV.22
Gambar 4.4.2.1	Foto kerusakan pada tiang pancang.....	IV.24
Gambar 4.4.2.2	Penampang samping ponton .....	IV.26
Gambar 4.4.2.3	Free Body Diagram (Gaya yang bekerja pada tiang pancang) .....	IV.28
Gambar 4.4.4.1	Foto kerusakan pada dermaga koison.....	IV.32
Gambar 4.4.4.2	Penampang depan dermaga struktur koison .....	IV.33
Gambar 4.4.4.3	Penampang (pandangan atas) dermaga struktur koison .....	IV.34
Gambar 4.4.4.4	Arah gerakan lanjutan kapal yang bertambat .....	IV.34
Gambar 4.5.1.1	Grafik performance fender cylindrical .....	IV.38
Gambar 4.5.1.2	Grafik performance fender cylindrical .....	IV.39
Gambar 4.5.1.3	Grafik performance fender cylindrical .....	IV.40
Gambar 4.5.2.1	Pemasangan fender pada dermaga struktur koison .....	IV.41

## Daftar Tabel

Tabel 1	Data mengenai jumlah penumpang, barang, dan kendaraan tahun 1989-1992 .....	IV.2
Tabel 2	Data dan informasi prasarana .....	IV.4
Tabel 3	Data kapal penyeberangan .....	IV.5
Tabel 4	Data kapal yang bersandar pada dermaga II .....	IV.21
Tabel 5	Konversi antara GT, DWT, dan DT .....	IV.21
Tabel 6	Hubungan antara ukuran kapal dan kecepatan bertambat.....	IV.22
Tabel 7	Energi impact tiap-tiap kapal .....	IV.23
Tabel 8	Energi impact kapal (untuk benturan kapal ke samping).....	IV.35



## Daftar Lampiran

- Lampiran A    Jumlah Penumpang Sampai dengan Th. 1995  
                  Jadwal Pemberangkatan Kapal dari Ujung ke Kamal
- Lampiran B.   Foto Keadaan Dermaga Ujung Surabaya
- Lampiran C.   Keadaan Cuaca Lokasi Pelabuhan Tanjung Perak
- Lampiran D    Penggunaan Fender Cilindrycal
- Lampiran E    Nilai Energy Arbsorption Fender Cilindrycal
- Lampiran F    Tabel Pasang Surut tahun 1995
- Lampiran G    Perhitungan Spektrum Gelombang



# **TUGAS AKHIR**

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di abad teknologi ini pembangunan struktur memegang peranan yang sangat penting. Baik struktur yang berada di darat maupun yang berada di laut antara lain dapat dilihat pada pembangunan kapal, bangunan lepas pantai dan juga bangunan-bangunan dermaga yang berfungsi sebagai tempat berlabuh ataupun sebagai penunjang untuk bongkar muat barang.

Sejalan dengan usianya, dermaga akan mendapat banyak gangguan yang akan menyebabkan kerusakan. Hal ini disebabkan oleh kondisi lingkungan yang sangat kuat, yaitu arus, gelombang, gempa, dan yang utama adalah beban impact yang diakibatkan oleh tumbukan kapal. Beban-beban tersebut dapat digolongkan dalam beban statis, yaitu : setiap beban yang besarnya, arahnya atau posisinya tidak berubah menurut waktu, misalnya berat struktur itu sendiri, dan beban dinamis, yaitu : setiap beban yang besarnya, arahnya, ataupun posisinya berubah menurut waktu, demikian pula respon struktur terhadap beban dinamis, yaitu tegangan dan lendutan yang dihasilkan bersifat dinamis, misalnya arus gelombang tumbukan kapal dan alat-alat bongkar muat. Beban dinamik yang masih ada dapat dibedakan lagi, yaitu beban impact dan kelelahan, sumber dari beban impact adalah beban yang bergerak cepat.

Tegangan pada beban impact lebih besar daripada gabungan beban statis yang bersamaan, faktor ini disebut sebagai faktor impact. Tegangan tidak hanya dipengaruhi oleh beban impact, tetapi juga sifat material dan fungsi kecepatan pembebanan, dimana tingginya kecepatan pembebanan menimbulkan energi yang lebih besar. Dengan semakin seringnya beban yang diterima oleh struktur maka struktur tersebut akan cepat lelah, yang biasanya diikuti oleh gejala rusaknya struktur, yaitu struktur mengalami retak-retak pada dinding.

Disamping faktor-faktor di atas ada faktor lain, yaitu faktor pembebanan pada satu titik tertentu, dan untuk mencegah hal ini sebaiknya ada satu pelindung yang dapat mencegah secara dini kerusakan-kerusakan yang sangat mungkin akan terjadi, yaitu dengan memasang suatu sistem pengaman yang biasa disebut dengan sistem fender, dimana sistem tersebut dipasang menurut beban yang akan diterima oleh dermaga. Sistem fender dipasang bukan hanya untuk keamanan dermaga saja tetapi juga demi keamanan kapal-kapal yang bertambat. Pada dasarnya fender dibuat dari dua macam bahan, yaitu dari karet dan kayu, tetapi untuk saat sekarang ini kayu sudah jarang digunakan dan yang sering digunakan adalah dari bahan karet, karena jika dilihat dari sifat karet yang elastis, maka dapat diambil kesimpulan bahwa karet mampu menahan energi yang lebih besar. Dengan demikian sudah jelas bahwa dermaga tanpa fender akan mengalami kerusakan yang lebih cepat, apalagi jika frekuensi kapal yang bertambat ke dermaga tersebut tinggi.



### 1.1.1 Informasi Kegiatan Penyeberangan Selat Madura

Berdasarkan data dan informasi yang kami peroleh, ada beberapa data yang kurang mendukung kelancaran angkutan penyeberangan, yaitu prasarana di kedua lintasan tersebut. Dermaga yang ada sekarang di kedua pelabuhan sudah berumur di atas rata-rata 15 - 20 tahun, apabila kita lihat umur dermaga ini tentu akan mengganggu kelancaran arus barang serta penumpang. Sehingga hal ini akan mengurangi frekuensi (rit) setiap kapal, ini akan menimbulkan kerugian bagi pemilik kapal dan pemakai jasa. Selain daripada itu, pengelola pelabuhan pun akan sama nasibnya dengan pemilik dan pemakai kapal, dalam arti pendapatan berkurang, karena biaya pemeliharaan setiap tahun akan meningkat.

Akibat daripada itu, maka kegiatan penyeberangan tidak berjalan sebagaimana mestinya, misalnya untuk penumpang yang diangkut selama satu tahun sebanyak 13.509.967 orang untuk 10 buah kapal, jadi satu tahun setiap kapal mengangkut penumpang sebanyak 1.350.996.7 orang, apabila dirinci perbulan, maka jumlah yang diangkut  $1.350.996.7 : 12 = 112.583$  orang penumpang. Jika setiap hari kapal mempunyai rit rata-rata 12 kali, maka yang diangkut setiap rit  $112.583 : (30 \times 12) = 312$  orang. Dari uraian tersebut di atas dapat diambil kesimpulan bahwa jumlah yang diangkut melebihi kapasitas muatan kapal rata-rata 286 orang. Jadi besarnya kelebihan kapasitas per kapal adalah 26 orang, ini dapat terjadi karena dermaga yang tersedia kurang memadai. Jadi, untuk mengantisipasi hal tersebut perlu adanya peremajaan kapal dan dermaga untuk meningkatkan kelancaran dua lintasan tersebut. (. Marpaung, Laporan Penelitian, 1995)

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mencari dan menentukan faktor-faktor penyebab kerusakan dermaga penyeberangan selat Madura di Tanjung Perak Surabaya.
2. Menentukan jenis fender yang sesuai.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Setelah diadakan penelitian mengenai sistem fender pada dermaga di penyeberangan selat Madura, maka manfaat yang diharapkan dapat dipetik adalah :

1. Dapat menerapkan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh selama di perkuliahan.
2. Untuk menambah pengetahuan, khususnya mengenai sistem fender pada dermaga.
3. Dapat membantu mengatasi atau memecahkan permasalahan pada dermaga penyeberangan selat Madura.

## 1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari terjadinya penyimpangan pembahasan dari permasalahan yang ada, maka untuk itu diambil batasan-batasan sebagai berikut :

1. Tidak diperhitungkan arus gelombang.
2. Angin diasumsikan tidak berpengaruh pada gerak kapal.
3. Pembebanan vertikal pada dermaga tidak berpengaruh
4. Beban gempa tidak diperhitungkan.
5. Panjang fetch diasumsikan 5 Km.

## 1.5 Metodologi Penyelesaian

Untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang ada, maka langkah-langkah yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Menentukan beban air laut :
  - a. *Beban hidrostatik*, dengan rumus dari Orianto dan Pratikto (1984) sebagai berikut :

$$F_R = \iint P \, dA$$

Keterangan :

$F_R$  = Besarnya gaya tekan (lbf)

$P$  = Tekanan gaya yang bekerja (lbf/ ft<sup>2</sup>)

$dA$  = Luasan A (ft<sup>2</sup>)

- b. *Beban gelombang*, dengan menggunakan rumus yang tercantum dalam buku karangan Chakrabarti (1987) dapat ditentukan gaya dinamis yang diakibatkan oleh gelombang, yaitu:

$$F(t) = \frac{(H/2) \rho \cdot g}{k} \frac{\sin h (kh + k\eta_0)}{\cos h (kh)} \cos (\omega t) - \frac{\rho \cdot g}{2} (\eta_0^2 - \eta^2)$$

Keterangan :

$F(t)$  = Gaya dinamis (N/ m)

$H$  = Tinggi gelombang (m)



$\rho$	=	Masa jenis air laut (1,025 ton/ m <sup>3</sup> )
$g$	=	Percepatan gravitasi (9,8 m/ dt <sup>2</sup> )
$k$	=	Angka gelombang (rad/ m)
$h$	=	Ketinggian air (m)
$\eta_0$	=	Elevasi maksimum (m)
$\omega$	=	Frekuensi gelombang (rad/ detik)
$t$	=	Waktu (detik)

2. Menentukan beban impact :

- a. Menentukan berat kapal yang bertambat ( $W_1$ ), dan berat tambah

$$(W_2) = \rho L H^2 \frac{\pi}{4}$$

Setelah itu, menentukan koefisien, koefisien  $C_m$ ,  $CH$ ,  $K$  dan  $CE$

- b. Menentukan kecepatan bertambat ( $V$ ) =  $\frac{ds}{dt}$
- c. Menentukan sudut yang diambil pada waktu bertambat ( $\theta$ )
- d. Menentukan energi efektif penambatan dengan mengambil rumus dari buku Bridgestone (1995) yaitu :

$$E = \frac{(W_1 + W_2)}{2g} \times K$$

- e. Membandingkan beban yang diterima dengan beban yang diijinkan, dimana beban yang diterima harus lebih kecil dari beban yang diijinkan.

3. Menentukan jenis fender yang sesuai dengan hasil yang diperoleh dari beban dinamis yang diterima, kemudian kita dapat memperkirakan jenis fender.





# **TUGAS AKHIR**

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**



## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Konsep Usaha - Energi

Kasus tubrukan kapal adalah suatu hal yang sudah jelas terjadi manakala kapal tersebut bertambat, dan ini menunjukkan secara praktis penerapan konsep usaha - energi. Suatu sistem akan melakukan usaha apabila pada sistem tersebut diberikan gaya  $F$  sehingga sistem akan berpindah sejauh  $dx$  dari tempatnya semula dalam arah garis lurus sesuai dengan arah gaya tersebut. Pernyataan ini dapat diekspresikan secara formulatif seperti yang dirumuskan oleh Sutrisno (1986) sebagai berikut:

$$dW = F dx \quad \dots \text{persamaan 2.1.1.}$$

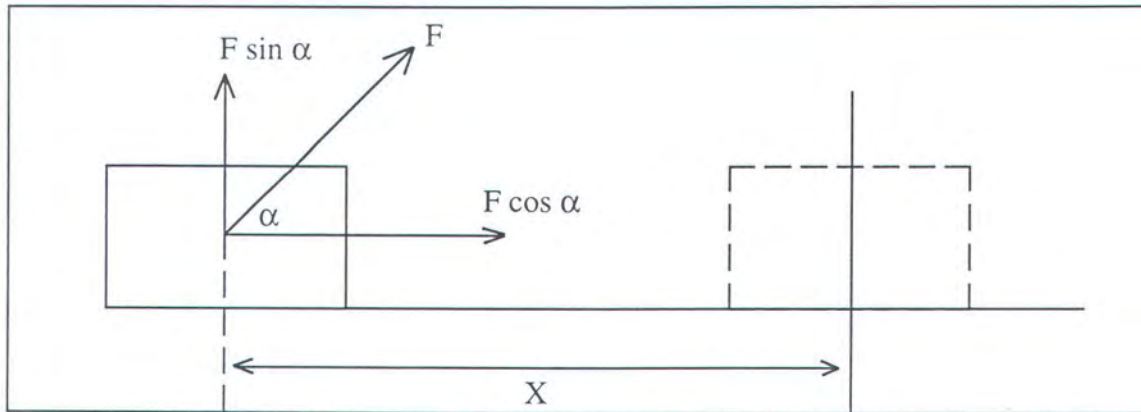
Keterangan :

$dW$  : Usaha (N.m)

$F$  : Gaya yang diberikan (N)

$dx$  : Jarak yang ditempuh (m)

Untuk menerangkan konsep usaha-energi maka digunakan asumsi dasar suatu sistem yang bergerak dalam bidang datar yang licin sempurna akibat adanya gaya luar. Konsep ini diderivikasikan dalam hukum Newton yang kedua, seperti ditunjukkan pada persamaan oleh Sutrisno(1986) sebagai berikut :



Gambar 2.1 Sistem yang bergerak diatas bidang datar

$$\Sigma F = m \cdot a \quad \dots \text{persamaan 2.1.2.}$$

$$F \cos \alpha = m \frac{dv}{dt} \quad \dots \text{persamaan 2.1.3.}$$

dimana :

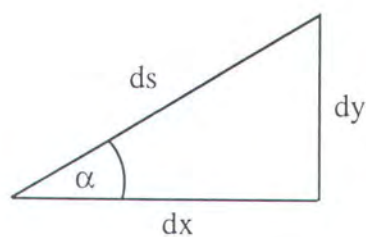
$F$  = gaya luar (N)

$m$  = massa sistem (kg)

$a$  = percepatan

$$a = \frac{dv}{dt} = v \frac{dv}{ds} \quad \dots \text{persamaan 2.1.4.}$$

$$\cos x = \frac{dx}{ds} \quad \dots \text{persamaan 2.1.5.}$$



$\alpha$  = Sudut antara arah gaya dengan arah medan kerja



Selanjutnya :

$$F \frac{dx}{ds} = m v \frac{dv}{ds} \quad \dots \text{persamaan 2.1.6.}$$

$$F \frac{dx}{ds} ds = m v \frac{dv}{ds} ds \quad \dots \text{persamaan 2.1.7.}$$

$$\int F dx = \int m v dv \quad \dots \text{persamaan 2.1.8.}$$

$$Fx = \frac{1}{2} m v^2 \quad \dots \text{persamaan 2.1.9.}$$

$$W = \frac{1}{2} m v^2 = EK \text{ (Energi Kinetik)} \quad \dots \text{persamaan 2.1.10.}$$

Keterangan :

$$v = \text{Kecepatan (m/ s)}$$

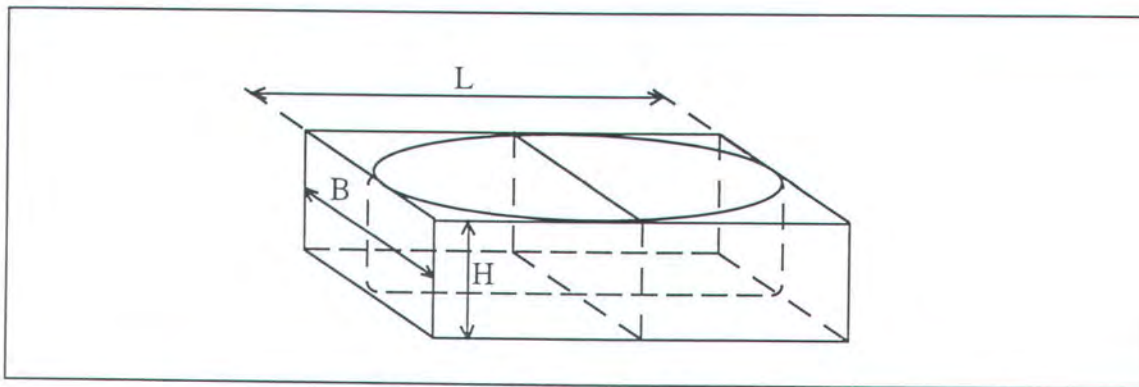
$$W = \text{Usaha (N.m)}$$

$$m = \text{Massa (kg)}$$

Jika  $\alpha$  adalah  $90^\circ$  gaya tidak mempunyai komponen dalam arah gerak sistem sehingga tidak ada usaha yang dilakukan pada sistem. Persamaan di atas merupakan formulasi dari prinsip kekekalan energi kinetik dimana usaha yang dilakukan oleh gaya luar  $F$  yang bekerja pada sistem ketika bergerak secara mendatar dan suatu titik ketitik lain sama dengan perubahan energi kinetik sistem.

## 2.2 Berat Kapal (Displacement)

Menurut Archimides, bahwa setiap benda yang tercelup dalam air masanya akan sama dengan yang dipindahkan akibat benda tersebut, dengan demikian kita dapat masa kapal atau berat kapal dengan melihat ukuran kapal dan sarat kapal.



Gambar 2.2 Dimensi kapal

Jika panjang kapal pada garis air adalah  $L_{WL}$ , dengan lebar kapal  $B_{OA}$  dan sarat kapal  $T$  kemudian  $\delta$  adalah koefisien blok kapal, maka volume kapal seperti yang dikemukakan oleh Munro-Smith (1973) adalah sebagai berikut :

$$\text{Vol} = \delta \cdot L_{WL} \cdot B_{OA} \cdot T \quad \dots \text{persamaan 2.2.1.}$$

Keterangan :

$\delta$  = Koefisien blok kapal

$L_{WL}$  = Panjang kapal pada garis air (m)

$B_{OA}$  = Lebar kapal (m)

$T$  = Sarat kapal (m)

Dengan diketahui volume kapal maka akan kita dapatkan berat kapal tersebut dengan mengalikan  $\gamma$  (berat jenis air).

$$W \text{ (berat kapal)} = \gamma \times V \quad \dots \text{persamaan 2.2.2.}$$

$$= \gamma \cdot \delta L_{WL} \cdot B_{OA} \cdot T \quad \dots \text{persamaan 2.2.3.}$$

$\gamma$  = Berat jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

### 2.3 Metode Perhitungan Berthing Impact

Menurut JNSPianc (1985) dinyatakan berthing impact kapal dihitung dengan anggapan bahwa energi efektif berthing kapal diserap oleh fender dan fasilitas berthing atau fasilitas penambatan.

Efectif berthing energi dari kapal dihitung berdasarkan persamaan berikut :

a. Dermaga dengan susunan fender yang banyak.

$$E = \frac{W \cdot V^2}{4g} \quad \dots \text{persamaan 2.3.1.}$$

$E$  = Efectif berthing energi (tf.m)

$g$  = Percepatan grafitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

$w$  = Berat virtual dari kapal (tf)

$v$  = Approaching velocity dari kapal

b. Dolphin atau dermaga dengan jarak antar fendernya besar:

$$E = \frac{W \cdot V^2}{2g} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{\ell}{r}\right)^2} \quad \dots \text{persamaan 2.3.2.}$$

$E$  = Efectif berthing energi (tf.m)

$g$  = Percepatan grafitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

$w$  = Berat virtual dari kapal (tf)

$v$  = Approaching velocity dari kapal (m/ s)

$\ell$  = jarak garis sejajar dermaga diukur dari titik kontak ke pusat gravitasi kapal (m)

$r$  = jari-jari girasi sumbu vertikal yang melewati titik pusat gravitasi pada bidang horizontal (m).



## 2.4 Teori Tegangan

Apabila suatu struktur dikenai beban, maka tegangan-tegangan akan terjadi dalam material dan akan timbul deformasi. Deformasi merupakan perubahan bentuk pada beberapa bagian struktur. Diasumsikan deformasi terjadi sangat kecil sehingga material mempunyai sifat elastis linear.

Berikut akan dijabarkan berbagai pembebanan seperti gaya aksial, momen lentur, momen torsi, dan gaya geser yang dapat menyebabkan timbulnya tegangan-tegangan dan deformasi pada elemen.

### 2.4.1 Tegangan Akibat Gaya Aksial

Elemen ramping (pada gambar) diasumsikan mengalami gaya tarik pada kedua ujungnya, elemen mengalami tarikan murni. Akibat gaya-gaya ini, dimana masing-masing gaya bekerja pada pusat luasan penampang. Gaya aksial ini mengakibatkan timbulnya tegangan aksial  $f_a$  yang bekerja pada penampang melintang, seperti dalam buku karangan White (1989) sebagai berikut :

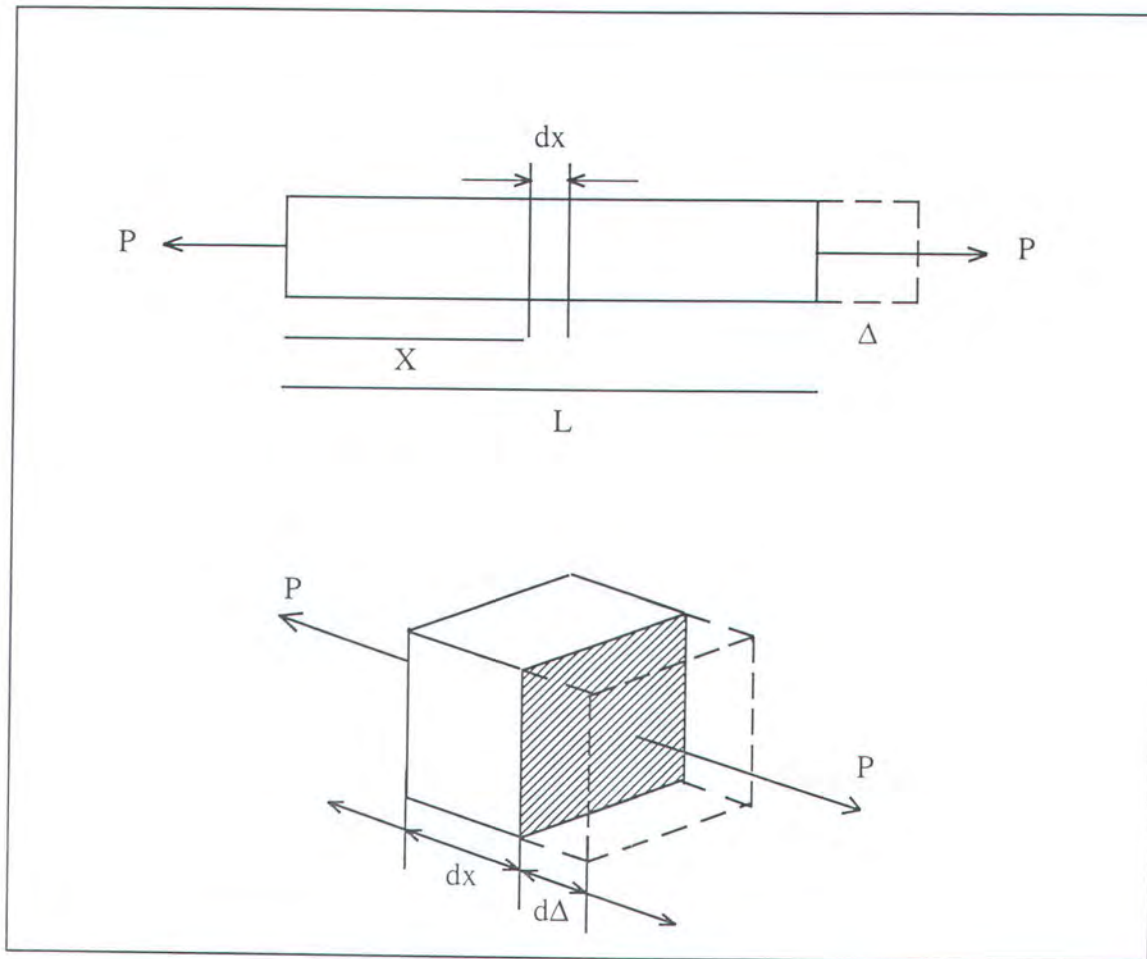
$$f_a = \frac{P}{A} \quad \dots \text{persamaan 2.4.1.1.}$$

dimana :

$f_a$  = tegangan aksial (N/m)

$P$  = gaya aksial (N)

$A$  = luas penampang melintang ( $m^2$ )

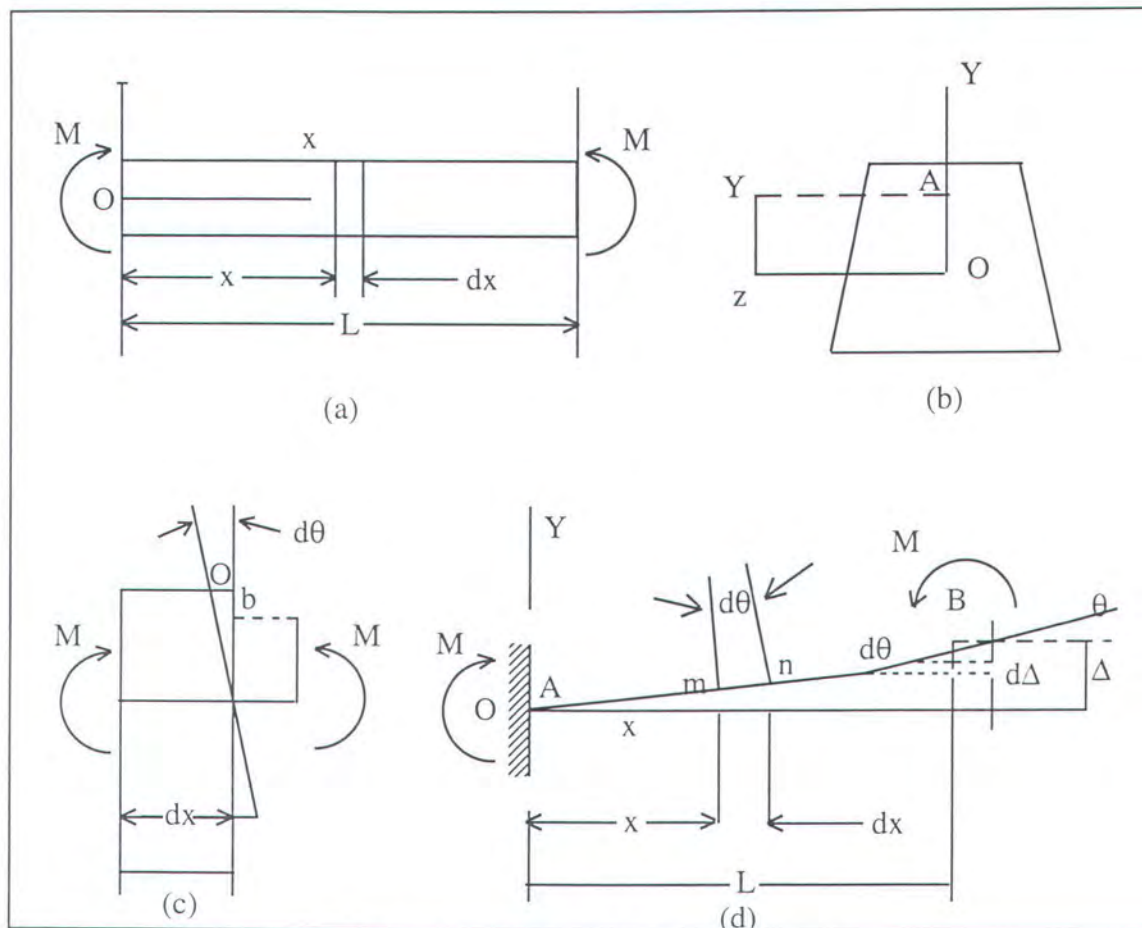


*Gambar 2.4.1 Tegangan akibat gaya aksial*

#### 2.4.2 Tegangan Akibat Momen Lentur

Suatu elemen dikenai momen lentur  $M$  pada kedua ujungnya seperti tampak dalam gambar.

Diasumsikan bahwa bidang lentur  $xy$  merupakan suatu bidang yang simetris terhadap balok. Sehingga sumbu  $y$  dan  $z$  merupakan sumbu-sumbu utama melalui titik  $O$  yang terletak pada pusat penampang melintang. Dengan bekerjanya momen lentur berarti displasemen balok akan berada dalam bidang  $xy$



Gambar 2.4.2 Tegangan akibat momen lentur

Menurut Popov(1989) , pada penampang balok, tegangan  $f_b$  mempunyai formulasi :

$$f_b = - \frac{My}{I_z} \quad \dots \text{persamaan 2.4.2.1.}$$

$f_b$  = Tegangan momen lentur (maksimum terjadi pada jarak  $y$  yang terjauh dari sumbu netral) ( $\text{N/m}^2$ )

$M$  = Momen gaya ( $\text{N.m}$ )

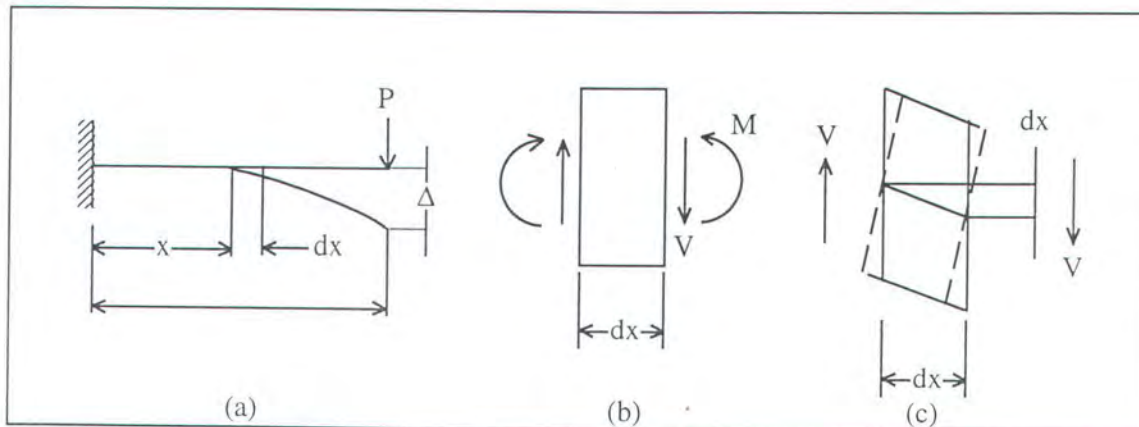
$y$  = Jarak dari sumbu netral (sumbu  $z$ ) ke suatu titik A dalam penampang tersebut (gambar).(m)

$I_z$  = Momen inergia luasan penampang pada sumbu  $z$  ( $\text{m}^4$ )



### 2.4.3 Tegangan Akibat Gaya Geser

Seperti juga momen lentur, biasanya gaya geser timbul pada penampang melintang balok, tinjau suatu penampang balok dimana gaya  $v$  bekerja, perjanjian arah positif dan gaya geser seperti tampak pada gambar.



Gambar 2.4.3 Tegangan akibat gaya geser

Mengenai tegangan geser pada penampang melintang balok segi empat, akibat gaya geser  $v$  dalam bukunya Popov(1989) menyatakan bahwa :

$$f_v = \frac{VQ}{b I_z} \quad \dots \text{persamaan 2.4.3.1.}$$

dimana:

$f_v$  = tegangan akibat gaya geser  $v$  ( $\text{N/m}^2$ )

$V$  = gaya geser (N)

$Q$  = momen statis terhadap sumbu netral dari bagian terluar penampang melintang di mana tegangan geser ditentukan. ( $\text{m}^4$ )

$I_z$  = momen inertia penampang melintang terhadap sumbu netral ( $\text{m}^4$ )

$b$  = lebar balok segi empat ( $\text{m}^4$ )

## 2.5 Jenis-jenis Konstruksi Dermaga

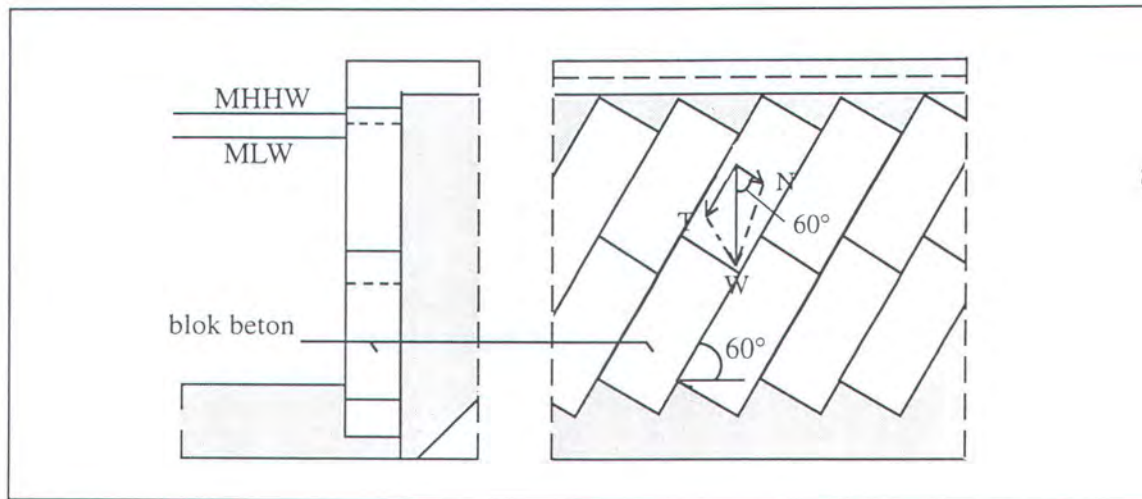
Dalam membangun dermaga ada hal-hal yang perlu diperhatikan untuk dapat menentukan jenis bangunan yang tepat untuk dibangun:

- a. Letak dan kedalaman perairan dermaga yang direncanakan.
- b. Beban muatan yang akan dipikul dermaga, baik beban merata maupun beban terpusat.
- c. Gaya-gaya lateral yang disebabkan manuver kapal atau gaya gempa.
- d. Karakteristik tanah.
- e. Sistem angkutan dan sistem penanganan muatan.
- f. Pemanfaatan dari bahan-bahan bangunan yang tersedia, agar biaya investasi tidak terlalu tinggi.
- g. Tenaga dan peralatan yang tersedia.

Berdasarkan hal-hal tersebut diatas maka jenis-jenis konstruksi telah dibangun sebagaimana yang dikemukakan oleh Karmadibrata (1985), adalah sebagai berikut :

### 2.5.1. Dermaga Dinding Berbobot

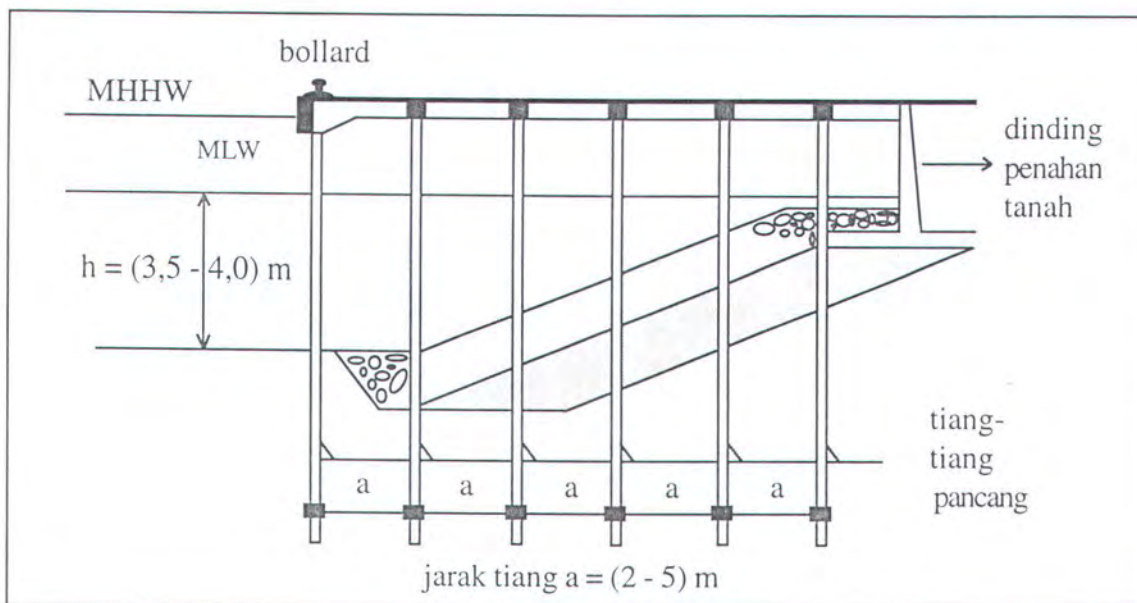
Konstruksi dermaga terdiri dari balok-balok beton besar yang diatur sedemikian sehingga membuat sudut  $60^0$  dengan garis horizontal. Peletakan blok beton miring ini dimaksudkan agar terjadi geseran antar blok beton satu dengan yang lainnya, sehingga dicapai suatu kesatuan konstruksi yang mampu memikul beban-beban vertikal dan horizontal pada dermaga. Pada dasar dermaga lumpur dikeruk dan diganti dengan lapisan pasir.



*Gambar 2.5.1 Dermaga dinding berbobot*

### 2.5.2. Dermaga Dengan Tiang Pancang

Sesuai dengan kedalaman yang diperlukan, karakteristik tanah, peralatan yang tersedia dan manusia pelaksana yang terdapat pada suatu lokasi, maka cara fundasi tiang pancang umumnya sangat menguntungkan. Macam tiang pancang ini dapat dari kayu, baja atau beton.

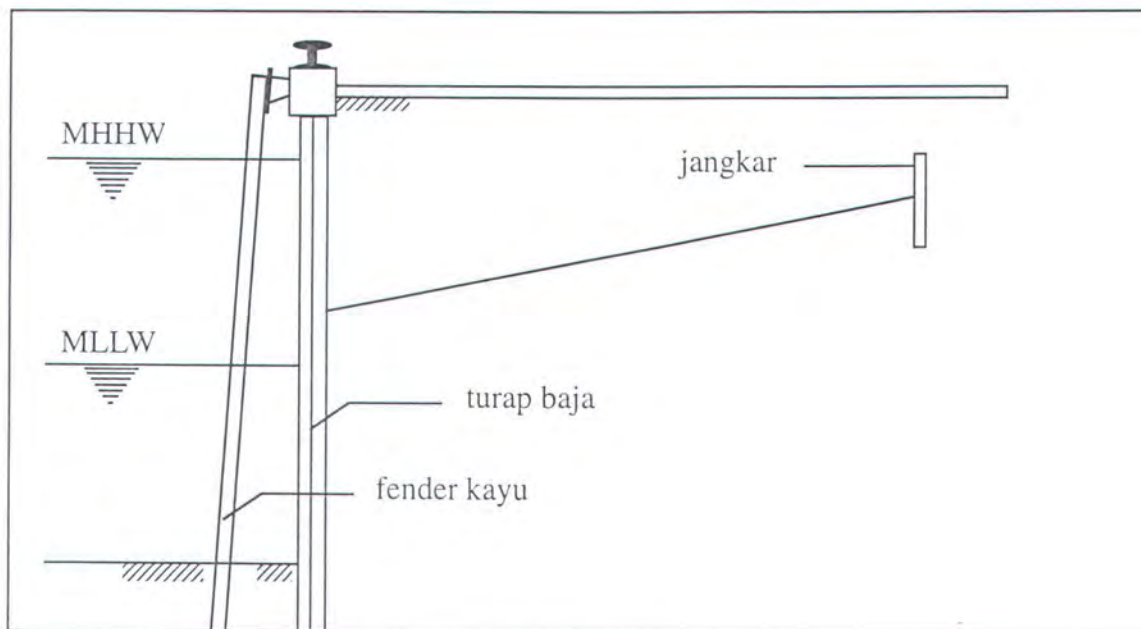


*Gambar 2.5.2 Dermaga dengan tiang pancang*



### 2.5.3. Dermaga Dengan Dinding Turap Atau Dinding Penahan

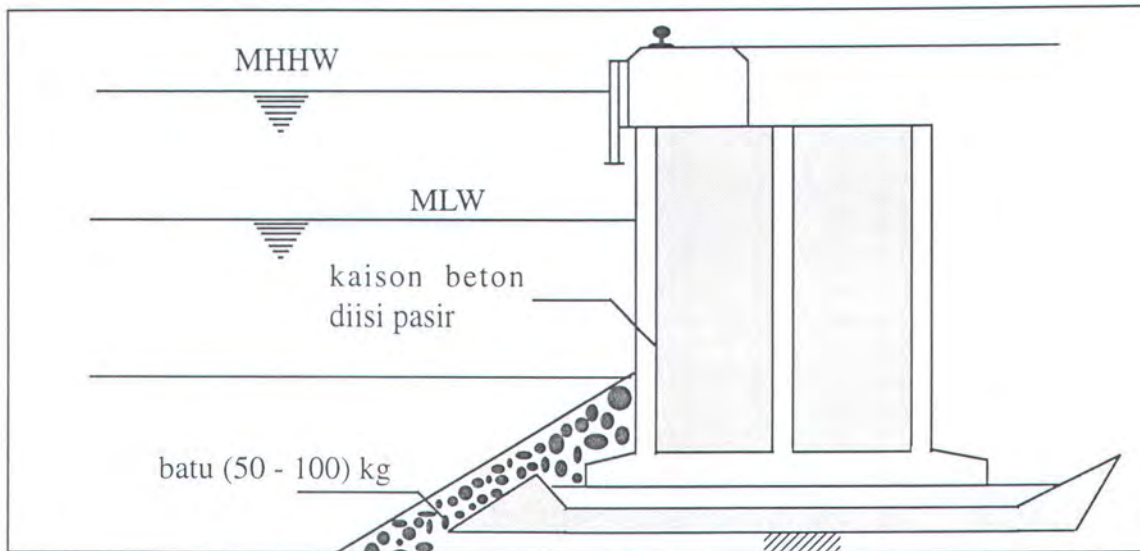
Untuk keadaan karakteristik tertentu, maka konstruksi dermaga dapat dibuat dari turap ataupun dinding penahan tanah. Dinding penahan tanah atau turap beton dapat digunakan untuk kedalaman perairan (2,00-4,00), kedalaman yang lebih besar biasanya digunakan turap biasa.



*Gambar 2.5.3 Dermaga dengan dinding turap atau dinding penahan*

### 2.5.4. Dermaga Konstruksi Koison

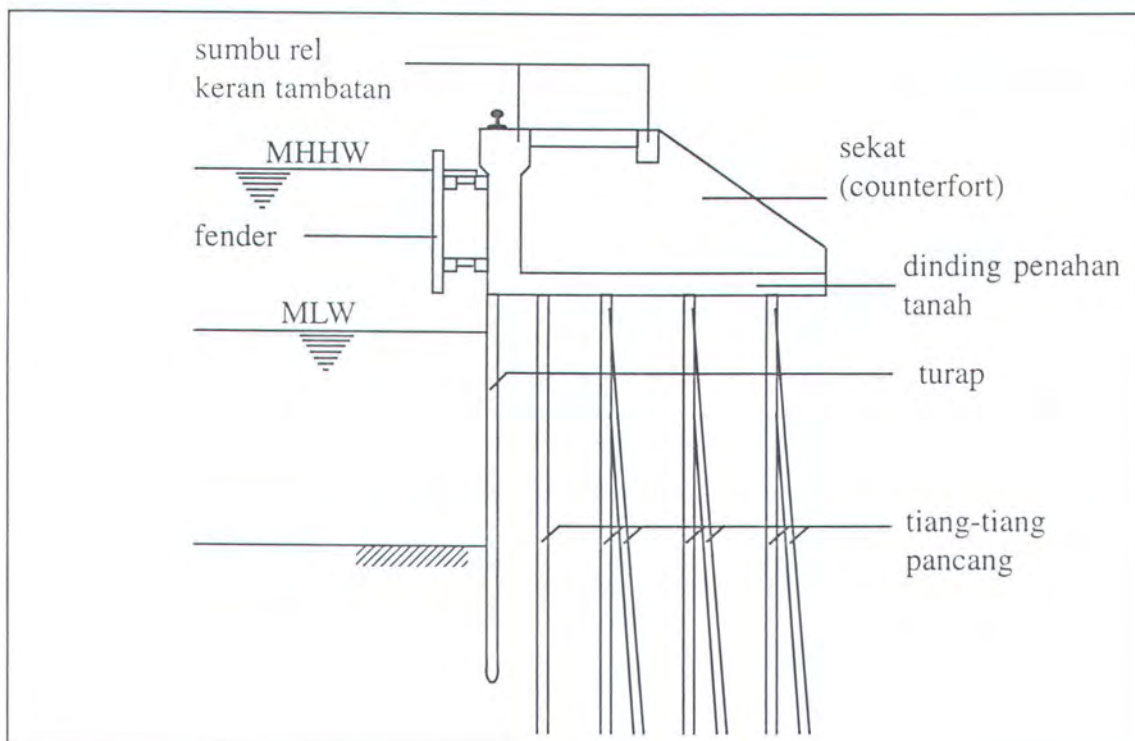
Konstruksi koison untuk pembangunan dermaga dapat diterapkan bila karakteristik tanah jelek. Koison adalah suatu konstruksi beton bertulang yang dibuat di darat dan dengan cara mengapungkan dan dihela pada posisi yang diinginkan kemudian ditenggelamkan dengan mengisi dinding kamar-kamar koison dengan pasir laut, agar tanah dapat memikul beban koison, maka dilakukan perbaikan tanah.



*Gambar 2.5.4 Dermaga konstruksi koison*

### 2.5.5. Dermaga Dengan Konstruksi Ganda

Pada keadaan karakteristik tanah yang kurang menguntungkan dapat dikembangkan konstruksi ganda, yaitu suatu kombinasi tiang pancang dimana di atasnya ditempatkan dinding penahan tanah dengan sekat-sekat, pada bagian muka dapat ditempatkan turap yang berfungsi menahan tanah.



*Gambar 2.5.6 Dermaga dengan konstruksi ganda*

## 2.6. Gaya yang Bekerja pada Struktur Dermaga

Menurut Bruun (1981) , gaya yang bekerja pada struktur dermaga berasal dari beberapa arah sebagai berikut :

### *I. Dari Arah Laut*

#### *1. Horizontal Load (beban horisontal)*

- Dari arah laut :
  - a. gelombang
  - b. tekanan es
  - c. tekanan air
- Kapal bertambat :
  - a. kecepatan kapal yang disebabkan oleh mesinnya sendiri, angin dan arus
  - b. gaya sepanjang dermaga
  - c. gaya bollard
- Kapal bersandar
  - a. gaya bollard
  - b. arus
  - c. angin
  - d. gelombang

#### *2. Vertical Load (beban vertikal)*

- a. Kapal yang bersandar pada fender
- b. bollard
- c. gaya angkat yang disebabkan oleh es
- d. peralatan-peralatan yang bergerak



## II. Dari beban dermaga sendiri

### 1. Horizontal Load

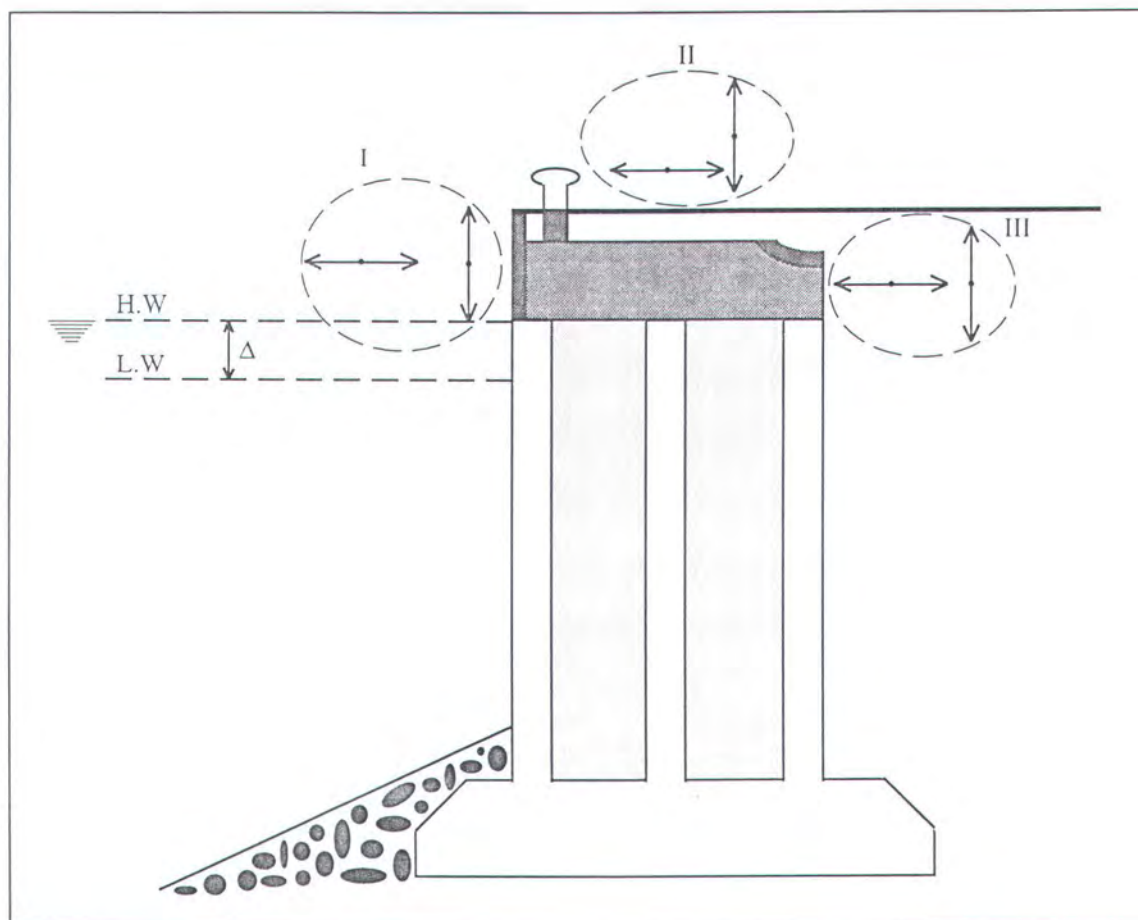
- a. crane
- b. gaya angin pada atau di atas bangunan

### 2. Vertical Load

- berat bangunan sendiri

## III. Dari arah tanah

- Beban horisontal dan vertikal disebabkan oleh tanah karena pemadatan.

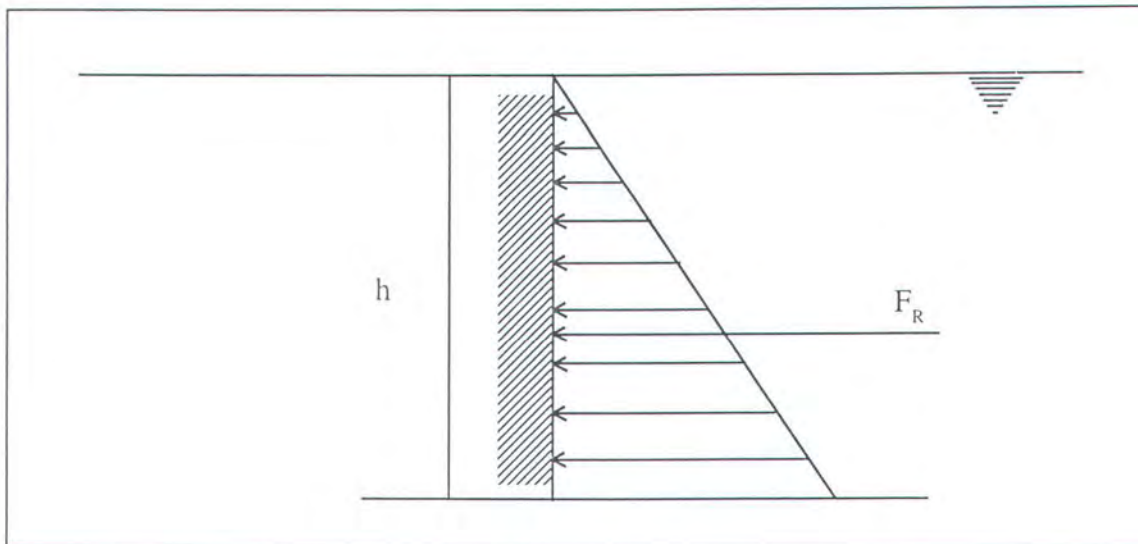


Gambar 2.1.2.3 Gaya yang bekerja di dermaga

## 2.7. Beban yang Diterima Dermaga oleh Air Laut

### 2.7.1. Beban Hidrostatik

Dari buku karangan Orianto dan Pratikto,(1984) bila suatu benda berada di dalam fluida, gaya normal pada permukaan akan bekerja akibat dari tekanan hidrostatik. Yang perlu kita perhatikan adalah penentuan besarnya gaya dan letak garis kerjanya, seperti gambar di bawah:



*Gambar 3.1.1.1 Beban hidrostatik yang diterima dermaga*

Misal  $P$  adalah tekanan gaya yang bekerja pada elemen luas  $dA$ . Besarnya gaya  $F_R$  yang bekerja pada luasan  $A$  adalah :

$$F_R = \iint P dA \quad \dots \text{persamaan 3.1.1.1}$$

$$F_R = \iint P dx dy \quad \dots \text{persamaan 3.1.1.2}$$

$$F_R = \gamma \iint h dx dy \quad \dots \text{persamaan 3.1.1.3}$$

$$F_R = \gamma \sin \theta \iint y dx dy \quad \dots \text{persamaan 3.1.1.4}$$

dimana :

$F_R$  = besarnya gaya tekan (lbf)

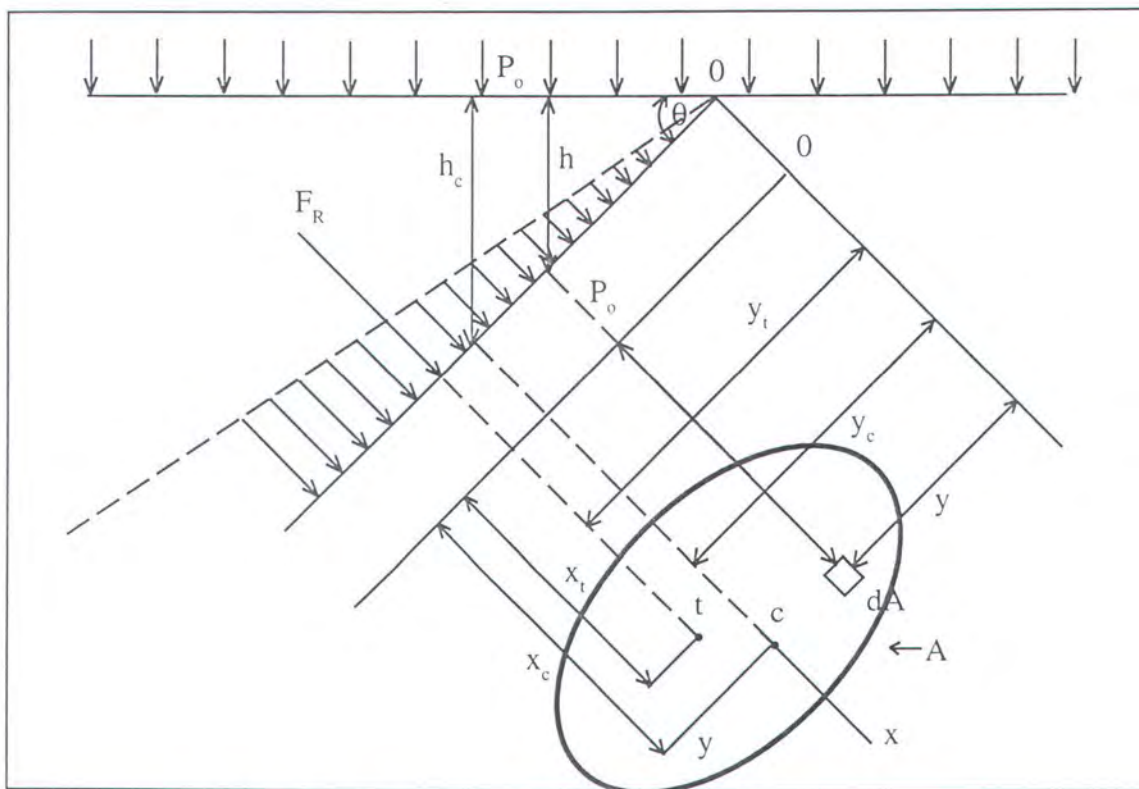
$P$  = tekanan gaya yang bekerja (lbf/ ft<sup>2</sup>)

$\gamma$  = berat jenis air (lbf/ ft<sup>3</sup>)

$h$  = jarak garis tegak dari elemen luas  $dA$  ke permukaan bebas (ft)

$dx$  = besarnya elemen ke arah  $x$  (ft)

$dy$  = besarnya elemen ke arah  $y$  (f)



**Gambar 2.6.3 Beban hidrostatik pada bidang miring**

Menurut prinsip mekanika, ordinat pusat  $c$  dari suatu permukaan bidang datar adalah:

$$y_c = \frac{1}{A} \int y \, dA \quad \dots \text{persamaan 2.7.1.5}$$

dimana,  $y_c$  = ordinat pusat ke arah  $y$  (ft)

$A$  = luasan permukaan bidang datar (ft<sup>2</sup>)



jadi kombinasi persamaan 2.7.1.4 dan 2.7.1.5 memberikan :

$$F_R = (\gamma \sin \theta) y_c A = (\gamma h_c) A = P_c A \dots \text{persamaan 2.7.1.6}$$

dimana  $h_c$  adalah jarak vertikal dari pusat  $c$  di bawah permukaan bebas, dan

$P_c$  adalah tekanan rata-rata yang bekerja pada pusat.

Titik  $f$  adalah titik pusat tekanan, dengan menggunakan momen kita bisa memperoleh hubungan:

$$y_f F_R = \int y dF = \iint y P dA = \gamma \sin \theta \iint y^2 dA$$

$$\text{maka } y_f = \frac{\iint y^2 dA}{\iint y dA} \dots \text{persamaan 2.7.1.7}$$

Dengan cara yang sama kita dapat peroleh jarak melintang.

$$x_f F_R = \int x dF = \iint x P dA = \gamma \sin \theta \iint xy dx$$

$$\text{maka } x_f = \frac{\iint xy dA}{\iint y dA} \dots \text{persamaan 2.7.1.8}$$

momen inertia ;

$$I_{xx} = \iint y^2 dA = I_{x'x'} + A y_c^2 \dots \text{persamaan 2.7.1.9}$$

$$I_{xy} = \iint xy dA = I_{x'y'} + A x_c y_c \dots \text{persamaan 2.7.1.10}$$

pusat titik tekan :

$$y_f = \frac{I_{x'x'}}{A y_c} + y_c \dots \text{persamaan 2.7.1.11}$$

$$x_f = \frac{I_{x'y'}}{A y_c} + x_c \dots \text{persamaan 2.7.1.12}$$

### 2.7.2 Beban Dinamis

Beban dinamis adalah beban yang besar dan arahnya berubah setiap waktu. Didalam masalah ini dermaga menerima beban dinamis yang dilakukan oleh gelombang. Hal ini disebabkan karena gelombang yang berjalan akan mengalami perubahan besar dan arah manakala gelombang tersebut mengenai suatu benda atau dinding.

Gelombang dalam perubahan diatas mengalami dua kemungkinan yaitu gelombang akan mengalami pemantulan sempurna dan gelombang akan mengalami standing wave.

Apabila gelombang mengalami pemantulan sempurna gelombang yang berjalan atau gelombang yang menjalar akan memenuhi persamaan matematis sebagaimana yang tercantum dalam buku karangan Cormick (1985) adalah sebagai berikut:

$$\eta^+ = a \cos (kx - \omega t) \quad \text{persamaan . . . . . 2.7.2.1}$$

Keterangan:

- $\eta$  = elevasi gelombang (m)
- $a$  = amplitudo gelombang (m)
- $k$  = angka gelombang ( $2\pi/\lambda$ )
- $\lambda$  = panjang gelombang (m)
- $\omega$  = frekuensi gelombang (rad/det)

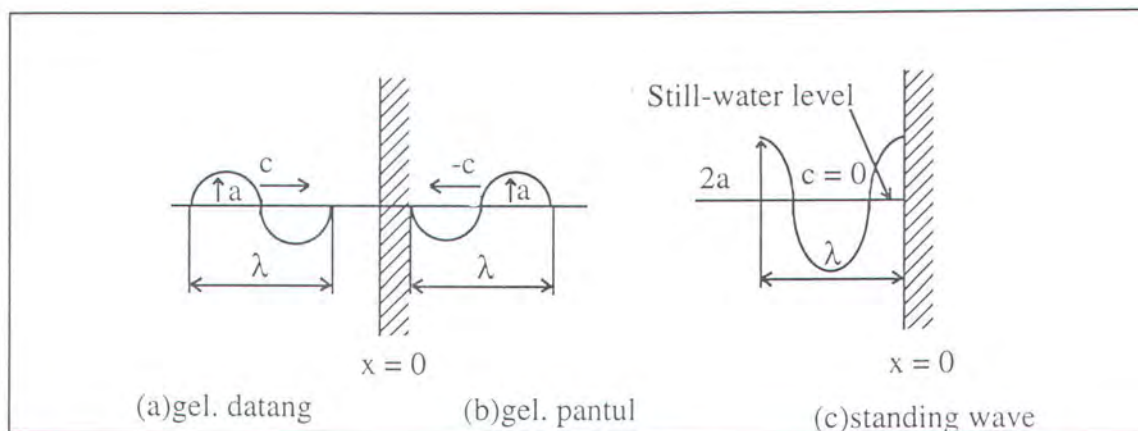
Kemudian gelombang pantulannya mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$\eta^- = a \cos (kx + \omega t) \quad \text{persamaan . . . . . 2.7.2.2}$$

Apabila keduanya terjadi secara bersamaan dan saling menguatkan maka hal itu akan menggambarkan terjadinya standing wave, dalam bentuk persamaan standing wave dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\eta = \eta^+ + \eta^- = 2a \cos(kx) \cos(\omega t) \quad (2.7.2.3)$$

Ketiga persamaan diatas dapat diilustrasikan sebagai berikut:



Gambar 2.7.2.1 macam gelombang

Dalam persamaan standing wave mempunyai harga amplitudo dua kali dari harga amplitudo gelombang yang menjalar, tetapi dalam kenyataannya karena pengaruh viskositas air laut dan juga karena pengaruh kekasaran dinding yang berfungsi sebagai media pantulan, maka ada sebagian energi gelombang yang hilang, oleh sebab itu nilai amplitudonya tidak murni dua kali harga amplitudo gelombang yang menjalar.

Nilai kecepatan potensial dari standing wave adalah sebagaimana tercantum dalam buku karangan Cormick (1985) adalah sebagai berikut:

$$\phi = \phi^+ + \phi^- = \frac{-(H/2)g}{\omega} \frac{\cosh(kh + kz)}{\cosh(kh)} \cos(kx) \sin(\omega t) \quad (2.7.2.4)$$



Jadi gaya yang bekerja pada dinding dapat diasumsikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F(t) &= \int_{-h}^{\eta_0(t)} p \, dz \\
 &= \frac{(H/2) \rho g}{k} \frac{\sinh(kh + k\eta_0)}{\cosh(kh)} \cos(\omega t) \frac{\rho g}{2} (\eta_0^2 - h^2) \quad (2.7.2.6)
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$F$  = gaya yang diakibatkan oleh standing wave

$\rho$  = massa jenis air

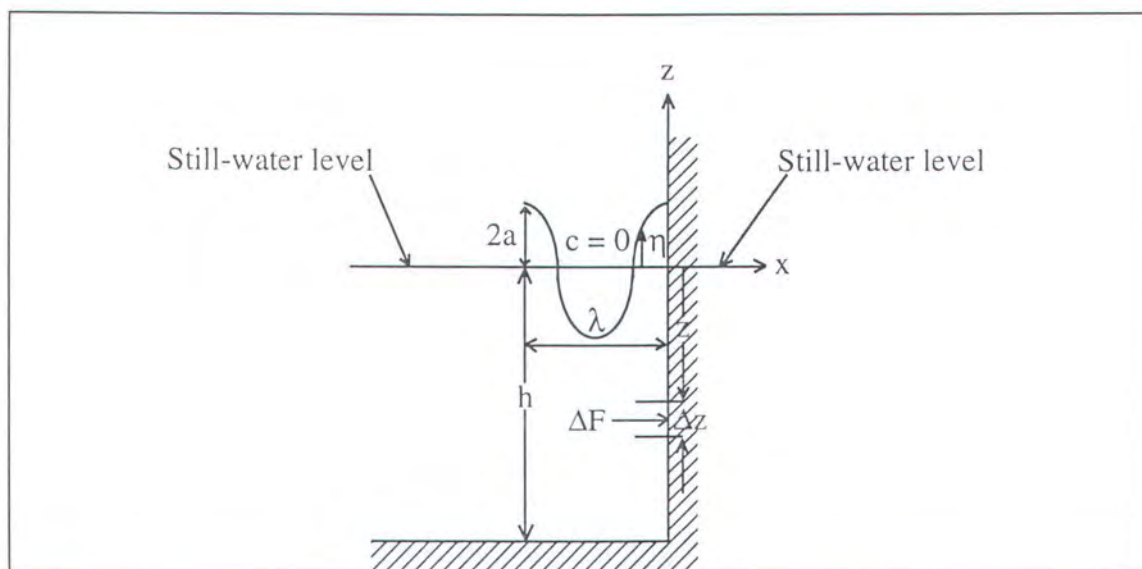
$\omega$  = frekuensi gelombang

$k$  = angka gelombang

$g$  = percepatan gravitasi

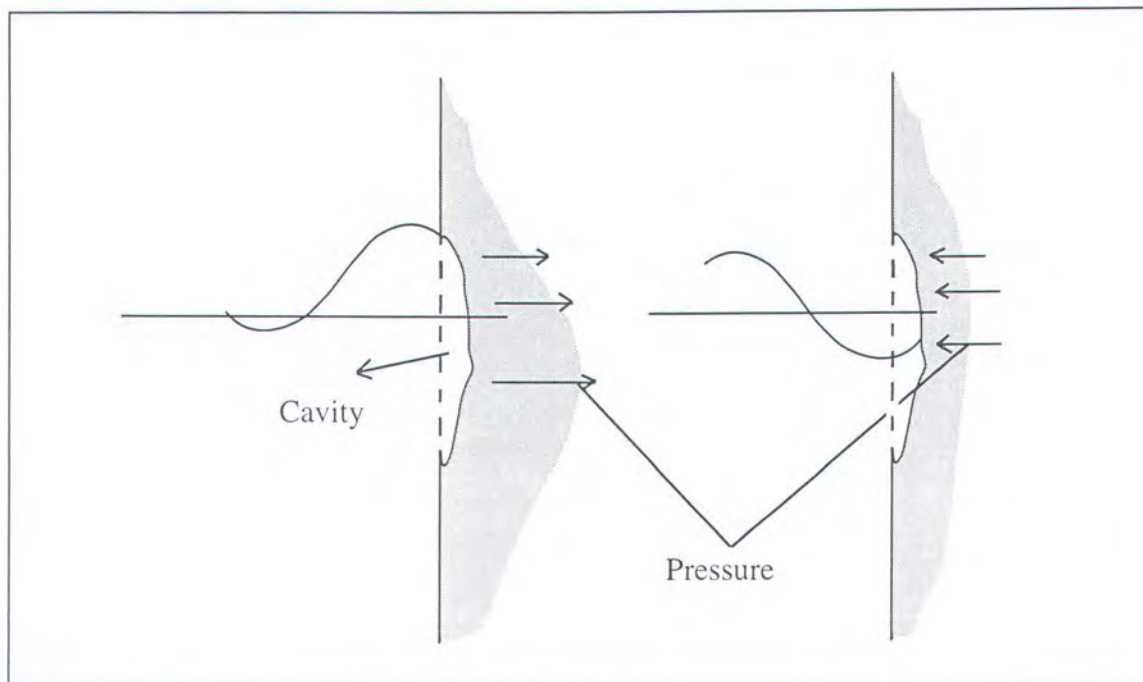
$\eta_0$  = ketinggian elevasi pada  $x=0$

$h$  = kedalaman air tenang



Gambar 2.7.2.2 Standing wave

Karena pengaruh gaya tersebut yang berlangsung terus menerus maka gaya akan mengakibatkan kerusakan pada dinding-dinding dermaga, seperti dalam gambar di bawah ini:



*Gambar 2.7.2.3 Kerusakan yang diakibatkan oleh gelombang*





# **TUGAS AKHIR**

## **BAB III**

### **SISTEM FENDER UNTUK PELABUHAN DAN PERMASALAHANNYA**



# **BAB III**

## **SISTEM FENDER UNTUK PELABUHAN**

### **DAN PERMASALAHANNYA**

Seperti dijelaskan dalam bab sebelumnya, bahwa dermaga dibangun dalam berbagai macam konstruksi, tergantung dari keadaan tanah dan juga dari fungsi dermaga tersebut, apakah untuk cargo, penumpang, tanker atau yang lainnya. Secara terperinci dapat disebutkan sebagai berikut :

#### ***a. Lingkungan :***

- keadaan tanah (data lapisan tanah)
- kedalaman air
- kondisi angin, arus, gelombang, pasang surut dan badai..

#### ***b. Kapal yang bertambat :***

- Dimensi kapal
- Ruang muat serta peralatan bongkar muat
- Kapasitas maksimum, besarnya kecepatan berthing, sudut datang dan beban sandar.

#### ***c. Perencanaan konstruksi :***

- Jangka waktu perencanaan serta ketentuan daya tahan
- Material dan metode konstruksi
- Tekanan yang diijinkan serta faktor keselamatan
- Penerapan dari sistem dan standarisasi

### 3.1. Perencanaan Sistem Fender

Perencanaan Sistem Fender : seperti dijelaskan di atas bahwa dermaga menerima beban dari beberapa arah dan sumber, kemudian untuk menahan gaya dari arah kapal maka dermaga tersebut harus diberi sistem pelindung atau fender.

Fender adalah suatu benda yang dapat menyerap sebagian energi yang diberikan oleh tumbukan kapal yang bertambat ke dermaga, disamping itu juga mempunyai fungsi melindungi konstruksi lambung kapal.

Dari penjelasan di atas, mengenai fungsi dari fender maka dapat dikatakan adanya keterkaitan antara perencanaan fender dengan perencanaan suatu dermaga. Perencanaan fender ada dua faktor yang harus diperhatikan, yaitu :

#### a. Faktor teknik :

Faktor ini berkaitan dengan type dan jumlah yang akan dipasang berdasarkan pada kekuatan.

#### b. Faktor ekonomis :

Faktor ekonomis berkaitan dengan kesesuaian type dan efisiensi pemasangan.

Menurut Bridgestone (1995) secara lebih mendalam design fender dapat kita bahas atas dasar parameter-parameter sebagai berikut :

##### 3.1.1. Berat kapal ( $W_p$ )

Dalam penjumlahan energi penambatan yang diserap sistem fender, maka sebagai dasar yang digunakan dalam penjumlahan tersebut adalah harus diketahui berat kapal.

Berat kapal dapat didefinisikan sebagai berikut :

a. *Gross Tonnage :*

Yaitu tonase yang diekspresikan sebagai massa kapal, dan massa tersebut dinotasikan dalam satuan  $\text{ft}^3$  atau  $\text{m}^3$ .

b. *Dead Weight Tonnage :*

Yaitu tonase nyata yang diangkut atau dimuat oleh kapal, misal : barang, minyak, tangki minyak, air minum, penumpang dan makanan.

c. *Displacement Tonnage :*

Yaitu tonase keseluruhan kapal yang meliputi badan kapal, mesin kapal dan material-material lain, kemudian cargo yang dimuat, atau dengan kata lain Full Load Displacement.

$$\text{FLD} = \text{LWT} + \text{DWT} \quad \dots \text{persamaan 3.1.1.1}$$

FLD inilah yang digunakan dalam penjumlahan energi penambatan.

### 3.1.2. Berat Tambah

Karena pengaruh air yang melingkupi kapal, dan kapal tersebut bergerak, maka kapal akan mengalami penambahan berat. Untuk mencari besar penambahan berat tersebut Bridgestone (1995) merumuskan sebagai berikut :

$$W_2 = \rho L H^2 \frac{\pi}{4} \quad \dots \text{persamaan 3.1.2.1}$$

$$W_2 = 0,085 L H^2 (\text{ton}) \quad \dots \text{persamaan 3.1.2.2}$$



Dimana :

$W_2$  = Berat tambah (ton)

$\rho$  = Berat jenis air laut (ton/ m<sup>3</sup>)

$L$  = panjang kapal (m)

$H$  = sarat kapal (m)

Dari berat tambah di atas, kita mendapatkan koefisien faktor massa yang dipergunakan untuk memperoleh berat kapal ( $W$ ), Koefisien faktor massa tersebut menurut JNSPianc (1985) adalah :

$$C_m = \frac{W_1 + W_2}{W_1} \quad \dots \text{persamaan 3.1.2.3}$$

Keterangan :

$C_m$  = Koefisien faktor massa

$W_1$  = Displacement Tonnage (ton)

$W_2$  = Berat tambah (ton)

Kemudian dari pengaruh hidrodinamika, kita mendapatkan koefisien hidrodinamik yang juga dapat digunakan untuk memperoleh berat kapal. Koefisien hidrodinamik tersebut menurut JNSPianc(1995) adalah sebagai berikut :

$$CH = 1 + \frac{2D}{B} \quad \dots \text{persamaan 3.1.2.4}$$

Keterangan :

$CH$  = Koefisien Hidrodinamik

$D$  = Sarat kapal (m)

$B$  = Lebar kapal (m)

Dari uraian tersebut di atas, maka untuk memperoleh berat kapal ( $W$ ) yang dipergunakan dalam penjumlahan energi penambatan, kita dapat mengalikan salah satu dari koefisien tersebut di atas dengan Displacement Tonnage. Jadi hal ini dapat dirumuskan :

$$W = W_1 \times C_m \quad \dots \text{persamaan 3.1.2.5}$$

Dimana :

$W$  = Berat kapal (ton)

$W_1$  = Displacement Tonnage (ton)

$C_m$  = Koefisien faktor massa

Atau :

$$W = W_1 \times C_H \quad \dots \text{persamaan 3.1.2.6}$$

Dimana :

$W$  = Berat kapal (ton)

$W_1$  = Displacement Tonnage

$C_H$  = Koefisien faktor hidrodinamika

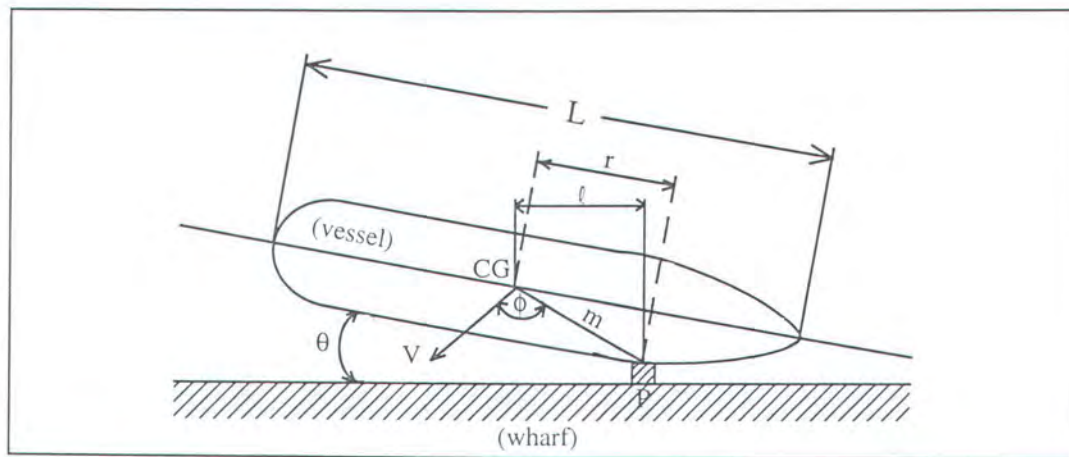
### 3.1.3. Kecepatan Bertambat

Kecepatan bertambat merupakan kriteria yang penting dalam mendesain sistem fender, seperti kita ketahui bahwa energi kinetik timbul karena ada kecepatan yang dipunyai oleh suatu benda yang bermassa  $M$ . Hal ini dapat dirumuskan sebagaimana dalam buku karangan Sutrisno (1986) adalah :

$$E = \frac{1}{2} M V^2 \quad \dots \text{persamaan 3.1.3.1}$$

### 3.1.4. Eccentricity Factor

Dalam beberapa kasus kapal terkadang bertambat dengan membentuk sudut terhadap dermaga atau dengan kata lain kapal melakukan putaran secara mendadak ke dermaga. Hal ini yang menyebabkan sebagian energi kinetik oleh kapal digunakan untuk memutar dan sisa energi diberikan ke dermaga. Sisa energi ini kemudian kita sebut sebagai efek faktor eksentrisitas (Eccentricity Factor).



Gambar 3.1.4.1 Batasan yang menentukan faktor eksentrisitas

Keterangan :

$L$  = Panjang kapal (m)

$CG$  = Pusat grafitasi (m)

$P$  = Titik bertambat

$l$  = Jarak paralel dengan dermaga dihitung dari  $CG$  ke titik tambat (m)

$r$  = Jari-jari girasi perputaran kapal, garis ini sejajar dengan kapal dihitung dari  $CG$  ke titik tambat (m)

$m$  = Jarak yang dihubungkan dari  $CG$  ke titik tambat (m)

$\phi$  = Sudut antara  $m$  dan faktor kecepatan kapal

$\theta$  = Sudut penambatan



Faktor eksentrisitas (Eccentricity) dibagi dalam dua persamaan, yaitu :

a. *Faktor Eksentrisitas K*

Faktor eksentrisitas K ini diformulasikan dari persamaan yang dikemukakan oleh Quinn (1972) adalah sebagai berikut :

$$K = \frac{1}{1 + \left(\frac{\ell}{r}\right)^2} \quad \dots \text{persamaan 3.1.4.1}$$

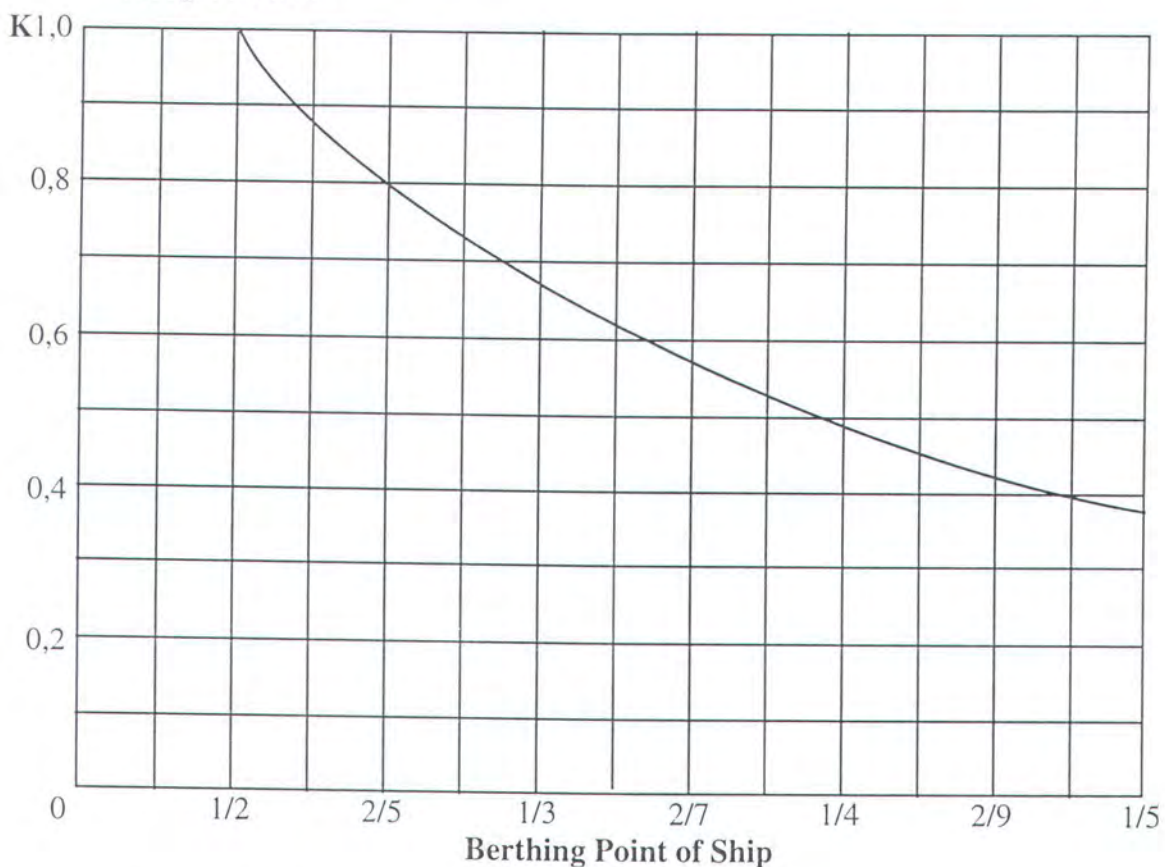
Keterangan :

K = Faktor eksentrisitas (Eccentricity Factor)

$\ell$  = Jarak paralel dengan dermaga dihitung dari CG ke titik tambat (m)

r = Jari-jari girasi putaran, biasanya diperkirakan  $\frac{1}{4}L$  (panjang kapal) (m)

Tetapi apabila r tidak menggunakan  $\frac{1}{4}L$ , maka nilai K dapat dibaca dalam grafik sebagai berikut :



Gambar 3.1.4.2 Grafik nilai K

b. *Faktor eksentrisitas (eccentricity factor) CE:*

Apabila vektor kecepatan kapal dijadikan pertimbangan, maka digunakan formula CE. Faktor eksentrisitas CE ini diformulasikan dari Bridgeston (1995) adalah sebagai berikut :

$$CE = \frac{r^2 + m^2 \cos^2 \phi}{r^2 + m^2} \quad \dots \text{persamaan 3.1.4.2}$$

Keterangan :

CE = Faktor eksentrisitas

r = Jari-jari girasi putaran kapal (m)

m = Jarak yang dihubungkan dari CG ke titik tambat (m)

$\phi$  = Sudut antara m dan vektor kecepatan kapal (derajat)

3.1.5. *Persamaan-persamaan penjumlahan energi penambatan*

Beberapa persamaan yang paling efektif untuk digunakan dalam penjumlahan energi dari buku Bridgestone(1995) ada tiga formula, yaitu :

a. *Persamaan I*

$$E = \frac{(W_1 + W_2) \times V^2}{2g} \times K \quad \dots \text{persamaan 3.1.5.1}$$

E = Energi efektif penambatan (ton-m)

$W_1$  = Displacement Tonnage (ton)

$W_2$  = Berat tambah (ton)

V = Kecepatan penambatan (m/det)

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/det<sup>2</sup>)

K = Faktor eksentrisitas

## b. Persamaan II

$$E = \frac{1}{2g} \times W_1 \times V_n^2 \times CE \times CH \times CS \times CC \quad \dots \text{persamaan 3.1.5.2}$$

E = Energi efektif penambatan (ton-m)

$W_1$  = Displacement Tonnage (ton)

$V_n$  = Kecepatan normal translasi ke dermaga (m/ det)

CH = Koefisien hidrodinamika

CS = Koefisien kelembutan (mendekati 0,9)

CC = Koefisien konfigurasi (0,8 - 1)

CE = Koefisien faktor eksentrisitas (mendekati 0,5)

## c. Persamaan III

$$E = \frac{W_1 \times V^2}{2g} \times C_m \times CE \times CS \quad \dots \text{persamaan 3.1.5.3}$$

E = Energi efektif penambatan (ton-m)

$W_1$  = Displacement Tonnage

V = Kecepatan penambatan (m/ det)

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/ det<sup>2</sup>)

$C_m$  = Koefisien faktor massa (1,3)

CE = Koefisien faktor eksentrisitas (mendekati 0,5)



### 3.1.6. Energi yang diserap oleh fender

Energi efektif penambatan digunakan sebagai acuan untuk menentukan pilihan salah satu jenis fender. Tampilan (performance) kurva fender ditentukan oleh efek kekakuan, tampilan kekakuan adalah merupakan hasil dari perkalian antara tampilan normal dengan faktor koreksi kekakuan, seperti dalam persamaan dari Bridgestone (1995) adalah sebagai berikut :

$$E < E_a = E_n \times F_{ae} \quad \dots \text{persamaan 3.1.6.1}$$

Keterangan :

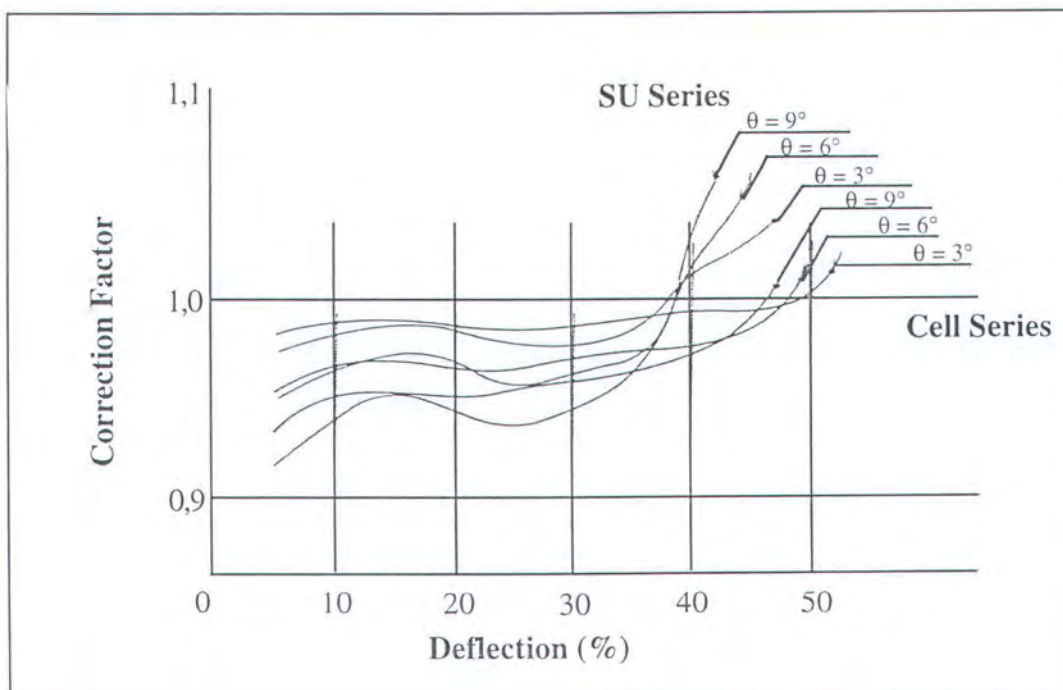
$E$  = Energi efektif penambatan

$E_a$  = Energi yang diserap pada tekanan kaku

$E_n$  = Energi yang diserap pada tekanan normal

$F_{ae}$  = Faktor koreksi kekakuan

Besarnya  $F_{ae}$  dapat dilihat dari grafik sebagai berikut :



Gambar 3.1.6.1 Grafik nilai  $F_{ae}$

Dari sumber yang sama, yaitu menurut Bridgstone (1995) ada juga faktor yang digunakan dalam menentukan jenis fender, yaitu dengan melihat gaya reaksi (Reaction Force). Hal ini dapat diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$R_{ma} > R_n \quad \dots \text{persamaan 3.1.6.2}$$

$$R_a = R_n \times F_{ar} \quad \dots \text{persamaan 3.1.6.3}$$

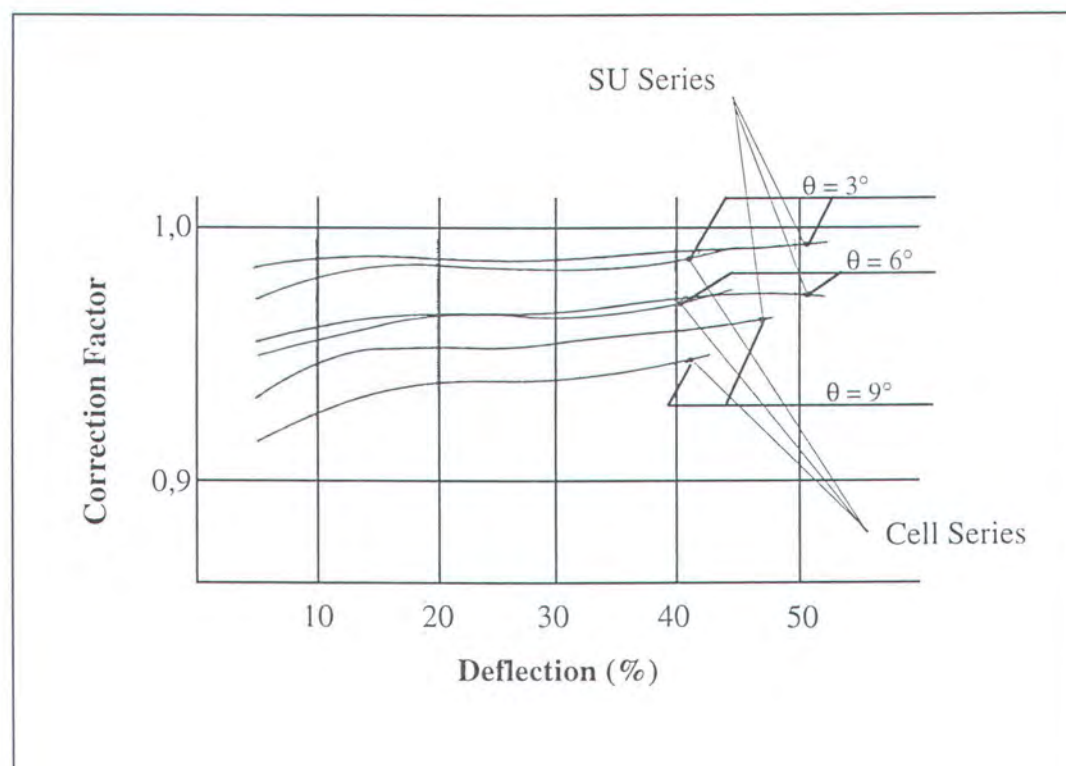
Keterangan :

$R_{ma}$  = Gaya reaksi maksimum yang diperkenankan

$R_n$  = Gaya reaksi pada tekanan normal

$R_a$  = Gaya reaksi pada tekanan kaku

$F_{ar}$  = Faktor koreksi kekakuan untuk gaya reaksi



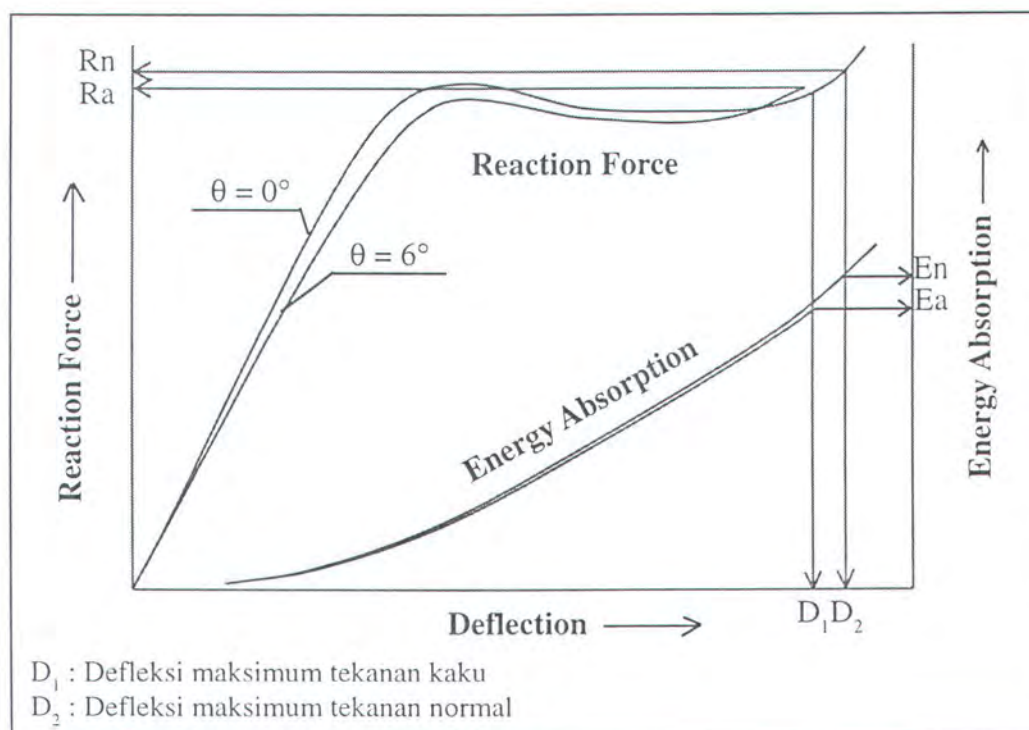
Gambar 3.1. Grafik nilai  $F_{ar}$

Langkah-langkah pemilihan performance atau tampilan dari kurva fender :

- Kurva yang kita pilih harus mempunyai  $E_n$  atau energi absorpsi (energi penyerapan) pada tekan normal yang lebih besar daripada energi efektif penambatan ( $E$ )
- Baca nilai  $E_n$  maksimum, dapatkan kelayakan displasement, kemudian kita baca nilai  $F_{ae}$  sesuai dengan displasement dan sudut yang dikehendaki. Kedua nilai tersebut kita kalikan, maka kita dapatkan nilai  $E_a$ , dalam persamaan :

$$E_a = E_n \times F_{ae}$$

- Dengan cara yang sama,  $R_a$  dapat kita peroleh dengan menggunakan kurva tampilan normal dan  $F_{ae}$  pada defleksi maksimum yang diperkenankan untuk sudut yang spesifik.



Gambar 3.1.6.3 Grafik nilai Energy arbsorption, defleksi, dan reaction force

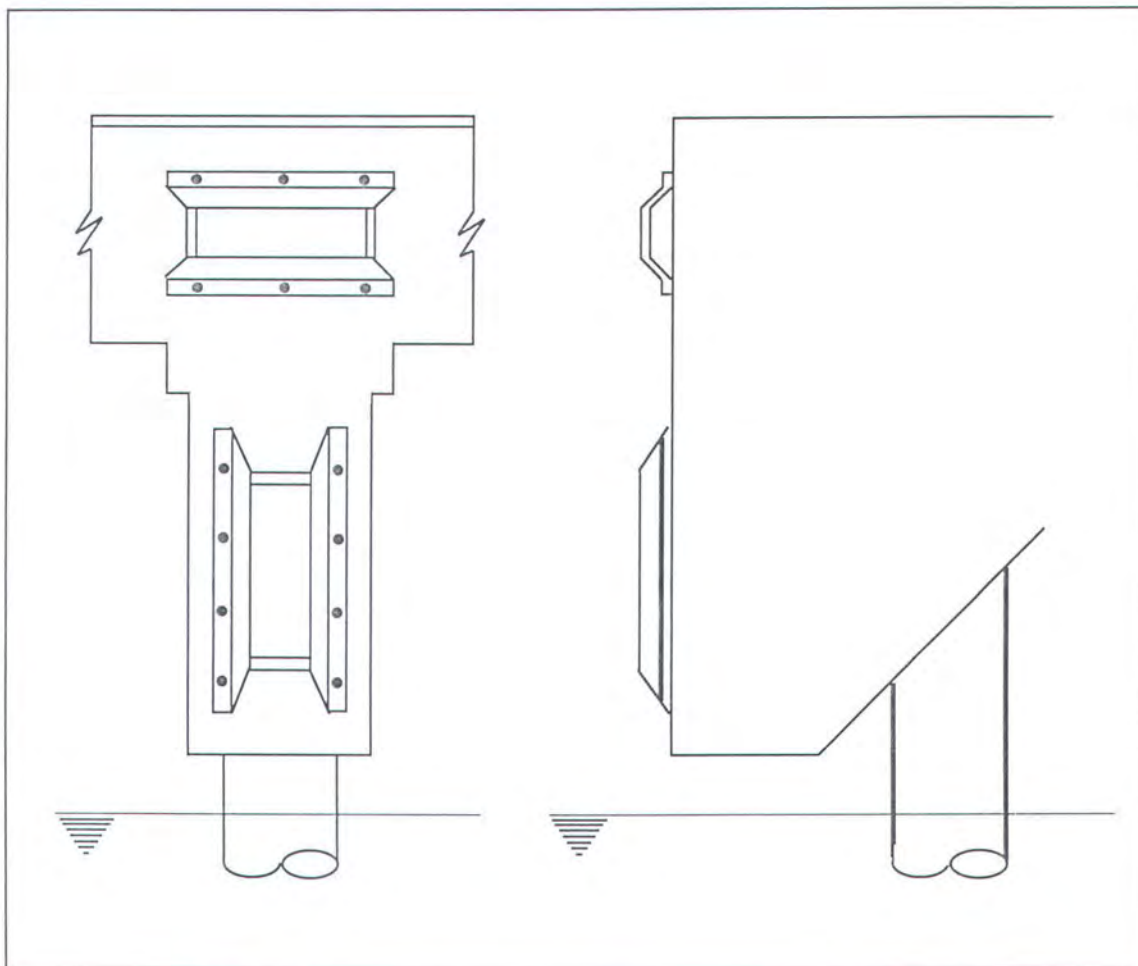


### 3.1.7. Pendekatan dari kondisi alam

Kondisi alam atau lingkungan yang dapat dijadikan dalam penentuan jenis ataupun jumlah fender adalah sebagai berikut :

#### a. Kondisi pasang surut

Apabila jarak antara kondisi pasang dan kondisi surut sangat tinggi, kita dapat memasang fender secara vertikal atau dengan menambah jumlah fender, tentu saja dengan melihat keadaan dan situasinya sebelum kita memutuskan cara-cara pemasangan fender.



Gambar 3.1.7.1 Pemasangan fender dengan nilai pasang surut cukup besar

*b. Pengaruh gaya angin*

Pengaruh ini dipertimbangkan apabila kapal yang bertambat mempunyai bagian kapal yang dapat menangkap angin yang menyebabkan kapal tersebut bergerak, dan pengaruh angin tersebut menambah beban atau energi.

Gaya angin dapat dirumuskan menurut Bridgestone (1995) dalam bukunya adalah sebagai berikut :

$$R_w = \frac{1}{2} \times \rho \times C \times U^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta) \text{ (Kg) } \dots \text{ pers. 3.1.7.1}$$

Dimana :

$R_w$  = Gaya angin (kg)

$\rho$  = Densitas udara ( $0,123 \text{ kg.sec}^2/\text{m}^4$ )

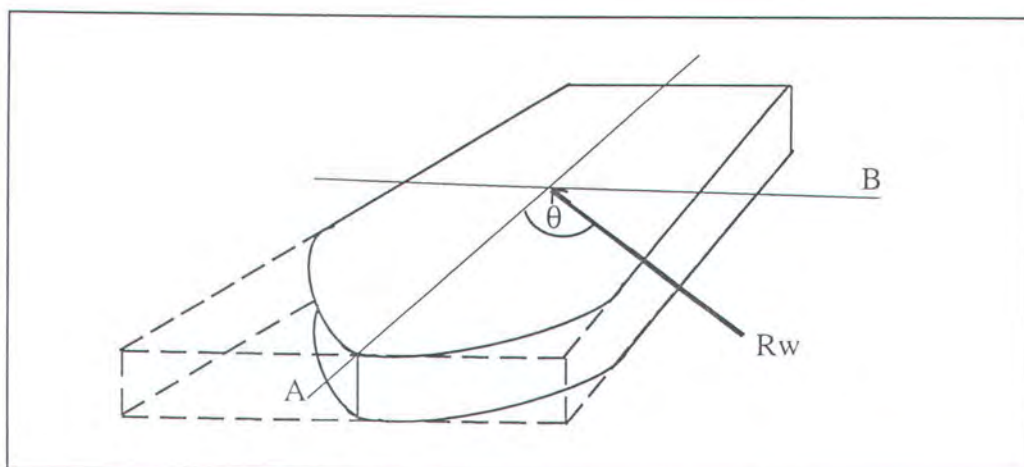
$C$  = Koefisien tekanan angin

$U$  = Kecepatan angin (m/sec)

$A$  = Daerah lambung di atas permukaan air pada pandangan depan ( $\text{m}^2$ )

$B$  = Daerah lambung di atas permukaan air pada pandangan samping ( $\text{m}^2$ )

$\theta$  = Sudut antara arah angin dengan center line kapal (derajat)



*Gambar 3.1.7.2 Gaya angin yang bekerja pada kapal*

*c. Arus pasang surut*

Arus pasang surut merupakan salah satu kondisi alam seperti halnya gaya angin, maka dari itu dapat menentukan pemilihan jenis fender. Dalam hal ini Bridgestone(1995) merumuskan sebagai berikut :

$$R_p = k \times D \times V_t^2 \quad \dots \text{pers 3.1.7.2}$$

Dimana :

$R_p$  = Gaya maksimum arus pasang surut (kg)

$k$  = Koefisien arue (1)

$D$  = Daerah di bawah garis sarat air (= sarat air x panjang kapal atau lebar kapal) dikalikan 0,9

$V_t$  = Kecepatan arus pasang surut (m/sec)

*3.1.8. Batasan-batasan dari kapal*

Beberapa batasan dari kapal dapat digunakan sebagai acuan untuk mendesain dan memilih sistem fender, yaitu :

*a. Tekanan lambung kapal*

Agar tidak terjadi beban lokal pada salah satu sisi lambung kapal, maka harus ada keseimbangan antara jarak fender dengan jenis kapal yang bertambat ataupun dengan memperkirakan luas permukaan bidang tekan. Hal ini dimaksudkan supaya lambung tidak terjadi kerusakan atau lekukan.

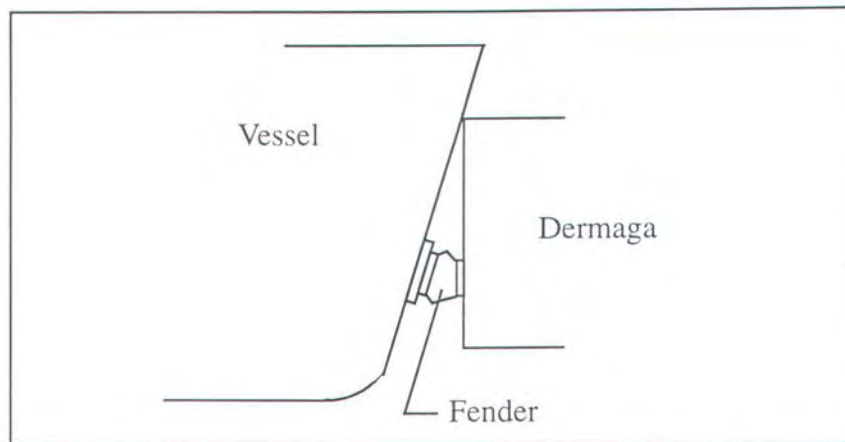


*b. Bentuk kurva pada lambung kapal*

Karena kerumitan bentuk lekukan pada lambung kapal, baik secara vertikal maupun horizontal maka hal ini pun perlu dipertimbangkan, untuk itu, fender yang dipilih harus mampu menyesuaikan dari bentuk lambung-lambung kapal.

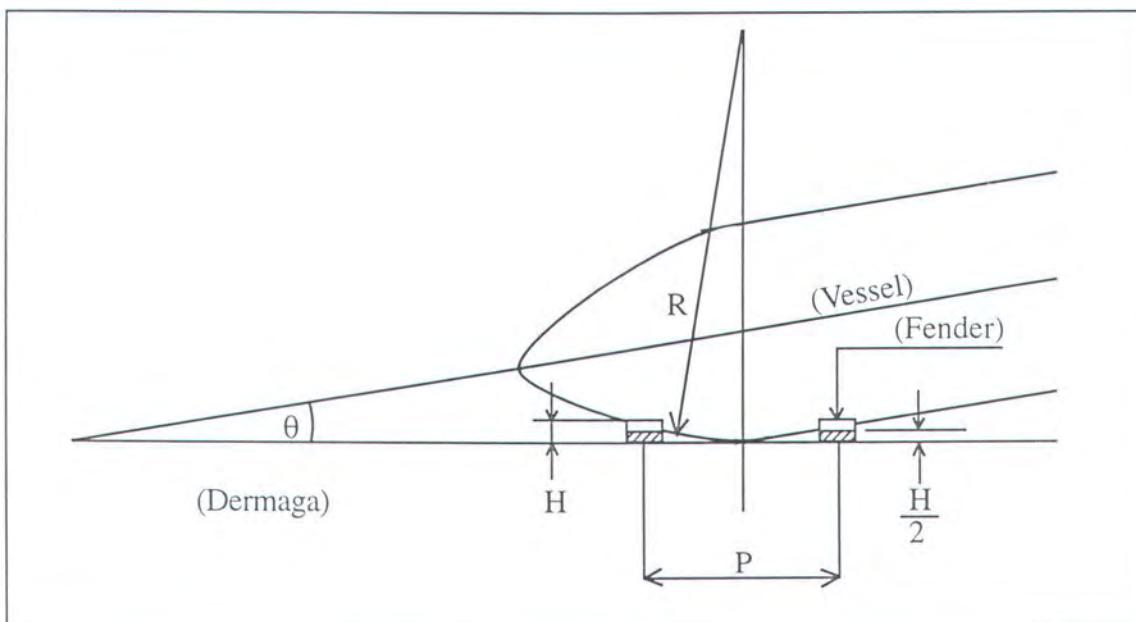
Contoh :

- Arah vertikal



*Gambar 3.1.8.1 Bentuk kurvatur kapal arah vertikal*

- Arah horizontal



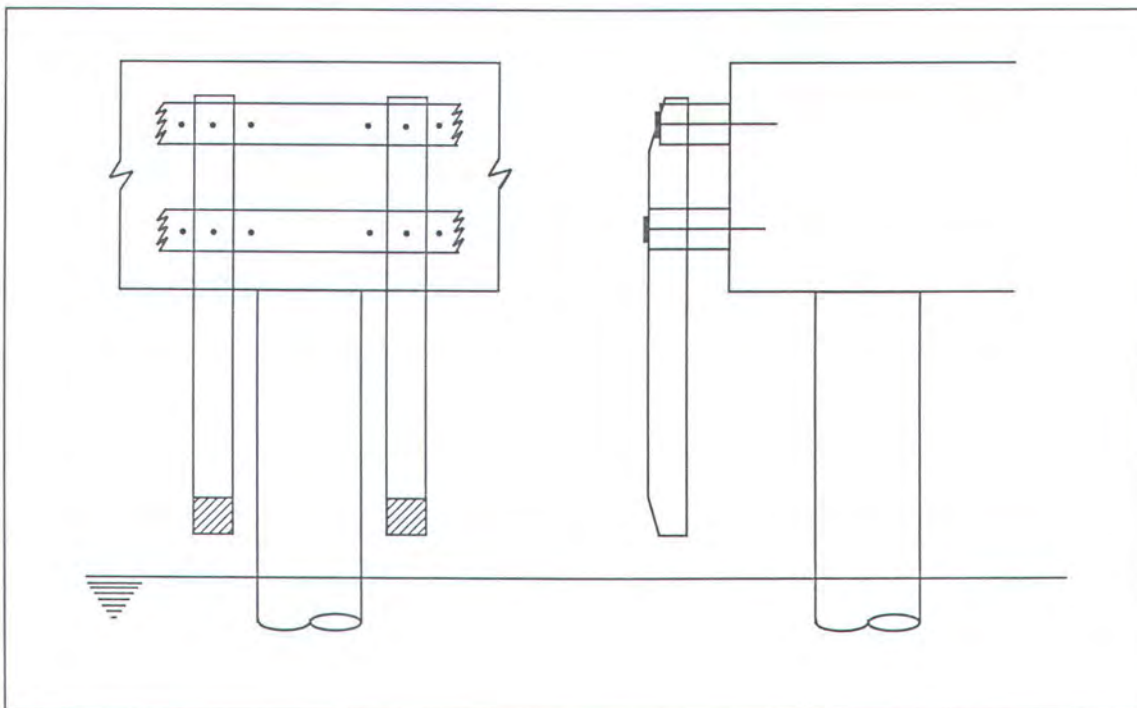
*Gambar 3.1.8.2 bentuk kurvatur kapal arah horizontal*

### 3.2 Jenis-jenis Fender

Jenis fender yang digunakan dermaga ada bermacam-macam, tetapi jika dilihat dari material dan sistem yang digunakan, seperti dalam buku yang dikeluarkan oleh American Assosiation of Port Authorities (1973) menyebutkan ada empat jenis, yaitu :

#### 3.2.1 Fender Kayu

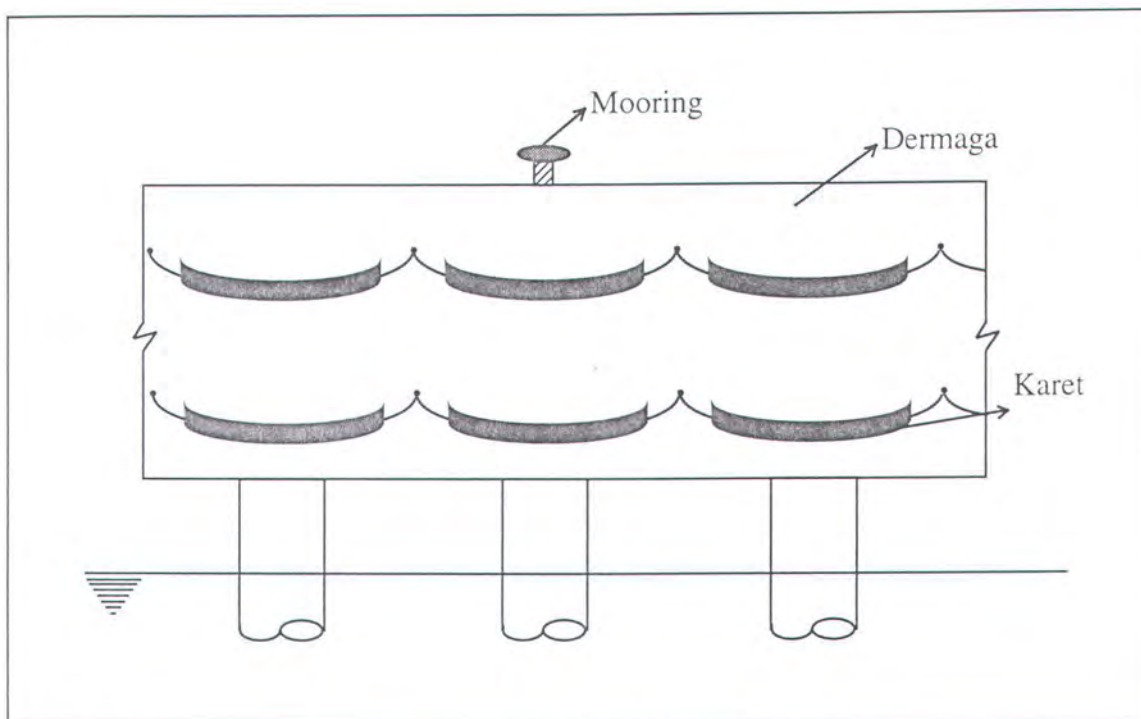
Fender kayu ini menggunakan material dari kayu, biasanya digunakan untuk bertambat untuk kapal-kapal yang berukuran kecil, misalnya "Light Ship Traffic" dan untuk tongkang (barge), seperti dalam gambar di bawah ini :



Gambar 3.2.1.1 Fender kayu

### 3.2.2 Fender Karet atau Fender Pegas (Spring)

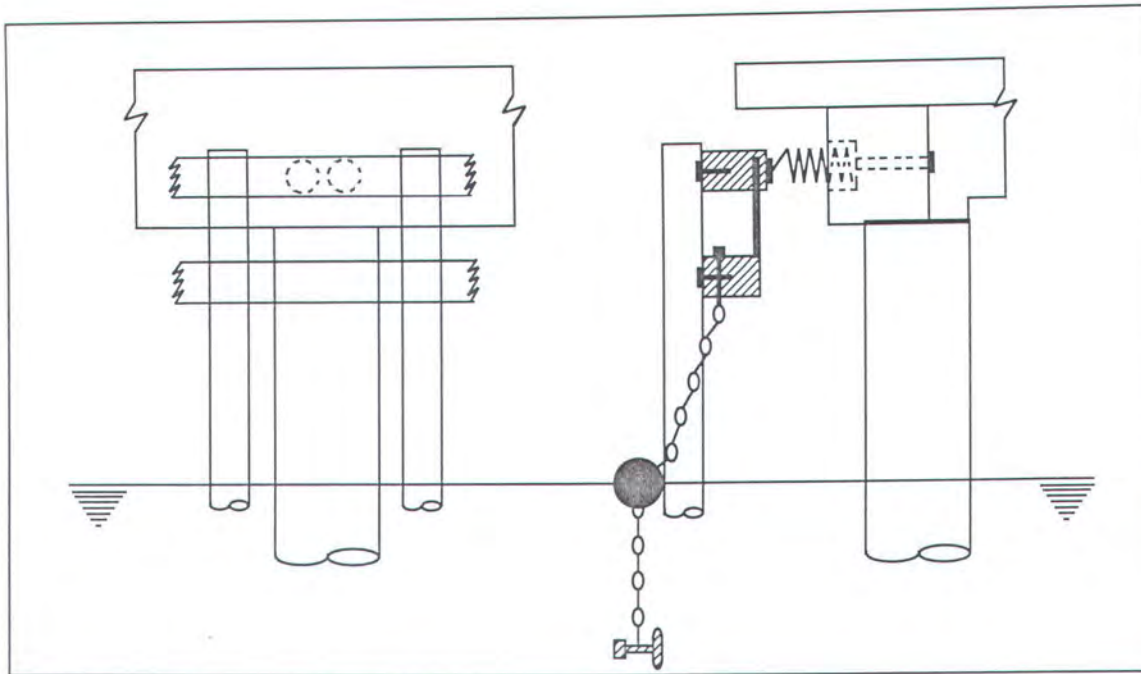
Fender karet adalah fender yang sering digunakan pada dermaga-dermaga kapal, ini disebabkan karena karet mempunyai kemampuan untuk menyerap energi yang lebih besar dari kayu dan juga karena pemasangannya relatif mudah, disamping itu karena sifat karet elastis, maka lambung kapal pun lebih aman seperti dalam gambar di bawah ini :



*Gambar 3.2.2.1 Fender karet*

Fender pegas digunakan untuk penambatan kapal-kapal cargo dengan keadaan angin dan gelombang yang tidak berpengaruh pada waktu kapal mendekati dermaga ataupun pada waktu kapal sedang bertambat, seperti pada gambar berikut ini :

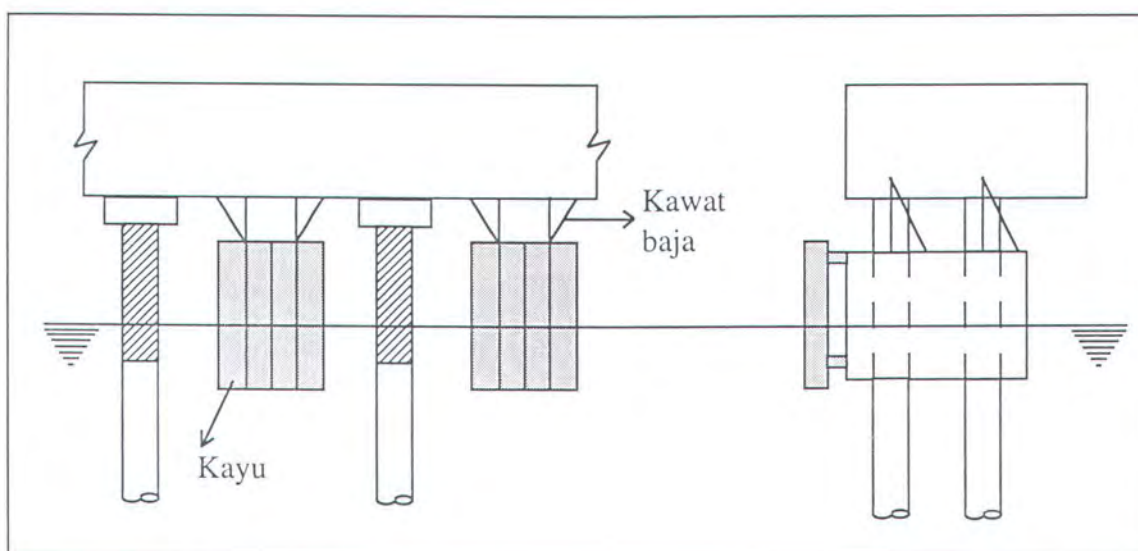




*Gambar 3.2.2.2 Fender spring*

### 3.2.3 Fender Sistem Gravitasi (Gravity System Fender)

Fender ini biasanya digunakan pada dermaga-dermaga Amerika ataupun di Eropa. Fender system Gravity yang lebih berperan dalam menyerap energi adalah balok beton yang diikat dengan kawat baja di bagian bawah dermaga, meskipun pada permukaannya dilapisi kayu atau karet, seperti pada gambar di bawah ini :

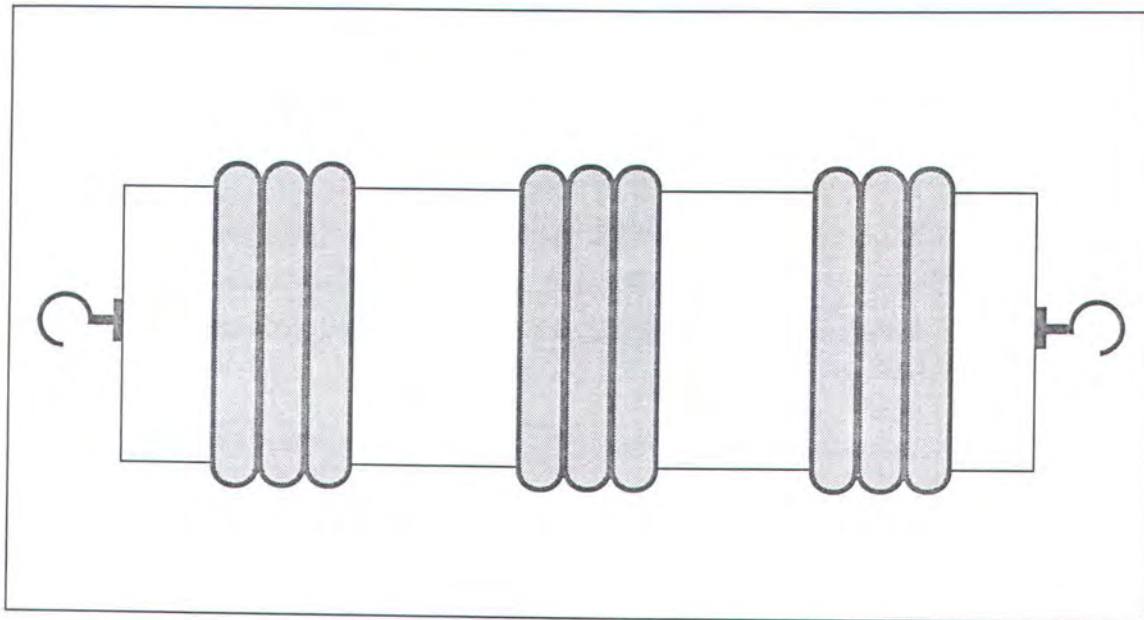


*Gambar 3.2.3.1 Fender gravitasi*

### 3.2.4 Fender Apung (Floating Fender)

Fender ini dibuat dari semacam tangki atau drum yang mempunyai kantung udara, dengan demikian fender akan naik turun menyesuaikan keadaan permukaan air.

Pemasangan fender ini cukup sederhana, yaitu dengan cara mengikat ujung-ujung dengan kawat baja ke atas dermaga, seperti pada gambar di bawah ini :



*Gambar 3.2.4.1 Fender apung*





# **TUGAS AKHIR**

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN MASALAH**



## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN MASALAH**

#### **4.1 Umum**

Pemerintah semenjak PJPT I sampai dengan PJPT II tahun pertama Pelita IV, selalu berusaha dan berupaya untuk meningkatkan taraf hidup masyarakat seluruh Indonesia. Usaha pemerintah tersebut boleh dikatakan cukup berhasil dalam taraf pembangunan baik fisik, ekonomi, sosial budaya, pendidikan, serta stabilitas keamanan dapat dilaksanakan dengan baik. Meskipun ada beberapa daerah yang belum merasakan secara merata terutama dalam bidang ekonomi. Berdasarkan data dan informasi boleh dikatakan potensi daerah setiap tahun meningkat, akibat meningkatnya potensi ini timbullah perdagangan antar pulau dan luar negeri, sehingga ekonomi setiap masyarakat di daerah meningkat pula. Untuk mendukung hal tersebut, perlu adanya sarana dan prasarana angkutan penyeberangan yang handal, karena kita mengetahui bahwa negara kita adalah negara kepulauan yang dipisahkan oleh laut, danau dan sungai.

Dalam penulisan ini, kami memfokuskan perhatian pada angkutan penyeberangan lintas Ujung ke Kamal (Propinsi Jawa Timur). Seperti kita ketahui bahwa fungsi angkutan penyeberangan adalah menyangkut penumpang, barang, kendaraan dan hewan. Seseuai dengan data yang kami peroleh bahwa angkutan penyeberangan lintas Ujung Kamal, jumlah yang akan diangkut setiap tahun meningkat, untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam tabel 1.

Tabel 1  
**Data Mengenai Jumlah Penumpang Barang  
 dan Kendaraan Tahun 1989 - 1992**

No.	Uraian	Tahun			
		1989	1990	1991	1992
1.	Jumlah penumpang (org)	11.583.117	12.192.752	12.834.472	13.509.967
2.	Jumlah barang (ton)	1.416.650	1.489.105	1.567.475	1.649.970
3.	Jumlah kendaraan roda dua (buah)	816.727	837.667	859.144	881.171
4.	Jumlah kendaraan roda empat (buah)	19.966	20.373	20.893	21.428

Sumber : Data Perum ASDP Lintas Ujung Kamal (diolah)

Berdasarkan data di atas terlihat jumlah yang akan diangkut tiap tahun meningkat. Untuk mendukung ini perlu adanya sarana dan prasarana yang cukup handal. Seperti kita ketahui bahwa sarana dan prasarana yang ada sekarang sudah kurang memadai dalam arti bahwa umur kedua hal tersebut sudah cukup tua dan kurang baik digunakan, karena akan mengakibatkan timbulnya kecelakaan, dan biaya perawatan makin tinggi. Untuk menghindari hal tersebut perlu diremajakan sarana dan prasarana angkutan penyeberangan pada kedua lintasan.

#### 4.1.1 Sejarah Ringkas Angkutan Penyeberangan

Kegiatan angkutan sungai, danau dan penyeberangan pada mulanya menjadi tugas dan wewenang Djawatan Lalu Lintas Angkutan Darat dan Sungai (DLLADS). Pesatnya perkembangan operasional angkutan sungai, pemerintah memandang perlu membentuk suatu direktorat tersendiri dengan tugas khusus pembinaan di bidang lalu lintas angkutan sungai danau dan ferry.



Kemudian berdasar keputusan Menteri Perhubungan No. KM/ 50/ R/ PHB/ 1973, pada tanggal 27 Maret 1973, status pengolahan tersebut dirubah menjadi proyek angkutan sungai, danau dan ferry (proyek ASDF). Semakin meningkatnya permintaan masyarakat terhadap pelayanan jasa angkutan, baik dari segi jarak, kapasitas maupun mutu pelayanan, maka berdasarkan peraturan pemerintah No. 8 Tahun 1986, Proyek ASDF diubah menjadi Perusahaan Umum, yaitu Angkutan Sungai Danau dan Penyeberangan (Perum ASDP). Maksud dan tujuan Perum ASDP sebagaimana tercantum dalam Peraturan Pemerintah No. 8 Tahun 1986 tersebut adalah sebagai berikut :

" Mengusahakan pelayanan jasa angkutan penyeberangan bagi penumpang, barang, kendaraan dan hewan di sungai, danau dan penyeberangan termasuk jasa pelabuhan penyeberangan (terminal)."

#### **4.1.2 Keadaan Data dan Informasi Kinerja Penyeberangan**

Setelah kita mengetahui secara ringkas tentang angkutan penyeberangan untuk kelangsungan sejarah tersebut perlu ada sarana dan prasarana yang mendukung, sehingga kegiatan angkutan penyeberangan dapat berjalan sebagaimana diharapkan. Adapun data yang ada sekarang pada lintas penyeberangan terdapat dalam tabel 2.



Tabel 2  
Data dan Informasi Prasarana

No.	Uraian	Ukuran	Satuan
1.	Jarak	2,5	mil
2.	Waktu Tempuh	25	menit
3.	Dermaga Ujung :		
	a. Panjang Dermaga Koison	55	meter
	b. Tinggi Dermaga Koison	7.5	meter
	c. Panjang Dermaga II	17,5	meter
	d. Tinggi Dermaga II	7.5	meter
	e. Tahun Pembuatan :		
	- Dermaga Koison	1976	tahun
	- Dermaga II	1979	tahun
	f. Pasang Surut :		
	- Terendah	4	meter
	- Tertinggi	6	meter
	g. Kapasitas Koison	10.000	ton

Sumber Data : Perum ASDP Cabang Ujung Kamal

#### 4.1.3 Data Kapal Penyeberangan

Setelah kita mengetahui keadaan sarana dan prasarana yang ada di lintasan penyeberangan tersebut, perlu kita mengetahui kapal-kapal yang tersedia sekarang.

Adapun jumlah sarana sebagaimana tertera pada tabel 3.

Tabel 3  
Data Kapal Penyeberangan

No.	Nama Kapal	Panjang (m)	Lebar (m)	Gross Tonage	Muat Pe- numpang	Kec. (Knot)	Rit/ Hari
1.	KMP Tongkol	40,9	8,9	736,41	325	5	15
2.	KMP Joko Tole	29,9	9,02	545,27	271	6	15
3.	KMP D. Ferry	37	15	226,39	515	12	15
4.	KMP N. Ferry I	46	12	421,07	412	9	15
5.	KMP N. Ferry II	46	12	421,07	412	9	15
6.	KMP S.M. I	38,4	10	226,22	238	9	15
7.	KMP S.M. II	38,4	10	226,22	238	9	15
8.	KMP Aeng Mas	49,5	10,36	750,32	225	9	15
9.	KMP Potre Koneng	33,50	13,60	969,73	350	9	15
10.	KMP Satria Nusantara	51	14	765,4	350	-	15
11.	KMP Bahari Nusantara	49,07	10,38	657,1	500	-	15

#### 4.2. Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan adalah keadaan di luar sistem, tetapi dapat mempengaruhi kinerja dari sistem. Kondisi lingkungan tersebut meliputi :

##### 4.2.1. Letak Geografis dan Kondisi Meteorologi

Pelabuhan Tanjung Perak berada pada  $07^{\circ}.2$  Lintang selatan dan  $112^{\circ}.7$  Bujur Timur.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika Balai Wilayah III Stasiun Meteorologi Perak Surabaya, maka kondisi Meteorologi Perak Surabaya selama 5 tahun terakhir memberikan data sebagai berikut :

- a. Suhu udara rata-rata adalah 6° C sampai dengan 30° C
- b. Tekanan udara rata-rata adalah 1009,9 Mb sampai dengan 1014,0 Mb
- c. Kelembaman udara rata-rata adalah 63 % sampai dengan 84 %.
- d. Curah hujan terjadi pada bulan Oktober - April
- e. Kecepatan angin yang terjadi di Pelabuhan Surabaya bervariasi setiap hari dan setiap bulannya. Nilai kecepatannya antara 6 knot sampai dengan 15 knot. Demikian juga arah angin, tetapi dalam kasus ini yang diambil secara ekstrim adalah angin yang mempunyai kecepatan terbesar yaitu 15 knot dengan arah timur, hal ini disebabkan arah dermaga yang membujur ke utara.

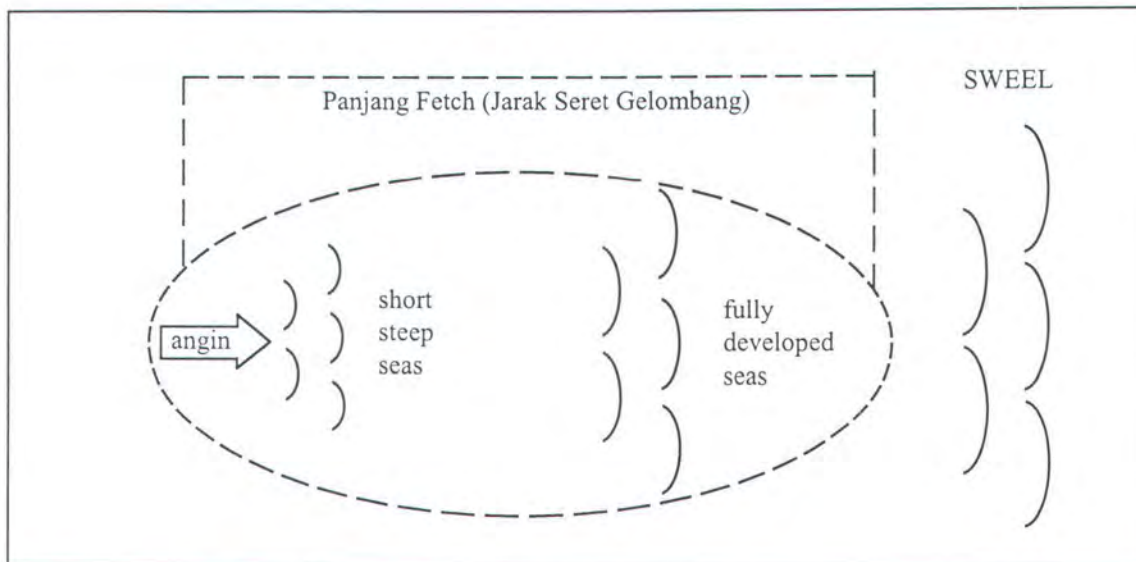
#### 4.2.2. Gelombang Angin

*Gelombang angin* adalah gelombang yang selalu terdapat di laut atau danau ataupun reservoir. Dengan demikian gelombang angin merupakan gelombang yang sangat penting, terutama terhadap hal-hal yang berkaitan dengan proses morfologi pantai ataupun perencanaan bangunan pantai atau pelindung tebing.

Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air dan akan menimbulkan gelombang. Daerah di mana gelombang dibentuk disebut *daerah pembangkitan atau pembentukan gelombang* ("wave generating area").

Gelombang yang terjadi di daerah pembentukan gelombang disebut *gelombang SEA*, sedangkan gelombang yang terbentuk tersebut setelah menjalar keluar daerah pembentukan disebut *gelombang SWELL* (lihat gambar 4.2.21).





*Gambar 4.2.2.1 Pembentukan gelombang angin di daerah pembangkitan*

Karakteristik gelombang SEA :

- merupakan gelombang yang diperkuat oleh angin
- gelombang mempunyai bentuk seperti gunung dengan puncak tajam, dengan panjang gelombang berkisar antara 10 sampai dengan 20 kali tinggi gelombang.

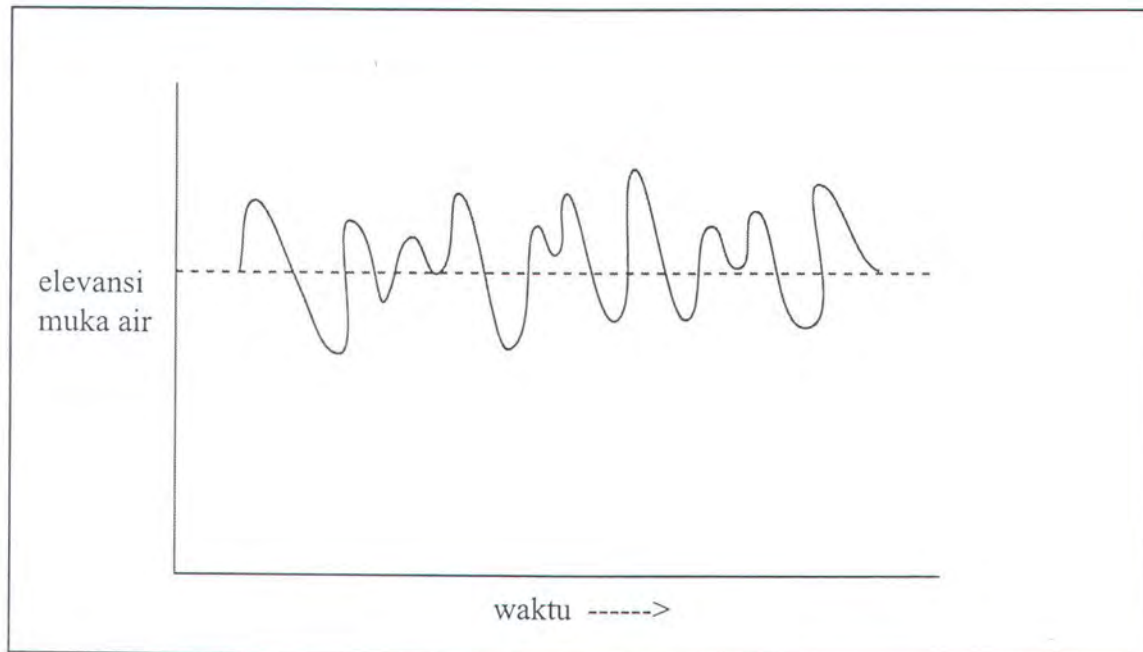
Karakteristik gelombang SWELL :

- merupakan gelombang bebas
- gelombang mempunyai bentuk lebih regular, dengan panjang gelombang berkisar antara 30 sampai dengan 500 kali tinggi gelombang.

#### **4.2.2.1. Karakteristik Gelombang Angin**

Pada gambar 1.2. menunjukkan suatu pencatatan gelombang sebagai fungsi di suatu tempat. Gambar tersebut menunjukkan bahwa gelombang angin mempunyai bentuk yang tidak teratur, dengan tinggi dan periode tidak konstan. Dalam mengevaluasi pencatatan gelombang pada gambar 2, timbul pertanyaan:

- berapakah tinggi gelombang tersebut ?
- berapakah periode gelombang tersebut ?



*Gambar 4.2.2.1.1 Pencatatan gelombang di suatu tempat*

Untuk keperluan peramalan gelombang maka perlu dipilih tinggi dan periode gelombang yang mewakili suatu pencatatan tersebut. Bentuk yang paling banyak digunakan untuk mewakili suatu seri pencatatan gelombang adalah  $H_{33}$  atau disebut *tinggi gelombang signifikan* ( $H_s$ )

$H_{33}$  = tinggi gelombang rata-rata dari 33 % harga tertinggi dari pencatatan gelombang.

Sedangkan untuk menentukan periodenya dapat ditempuh dengan jalan yang sama.

#### 4.2.2.2. Pembangkitan Gelombang

Angin yang berhembus di atas permukaan air yang semula tenang, akan menyebabkan gangguan pada permukaan tersebut, dengan timbulnya riak gelombang kecil di atas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut akan menjadi semakin besar, dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang. semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar gelombang yang terbentuk.

Tinggi dan periode gelombang yang terjadi dipengaruhi oleh kecepatan angin  $U$ , lama hembus angin  $t_d$ , dan panjang Fetch  $F$  (jarak seret gelombang).

Panjang Fetch membatasi waktu yang diperlukan gelombang untuk berada di bawah pengaruh angin. Jadi apabila Fetchnya pendek, energi yang ditransfer angin ke air belum cukup besar, sehingga gelombang yang terjadi belum cukup tinggi.

Gelombang dengan periode lama atau panjang akan terjadi jika fetch cukup besar. Gelombang di samodra lautan lautan dapat mempunyai periode 20 detik. Tetapi pada umumnya periode gelombang berkisar antara 10 sampai dengan 15 detik.

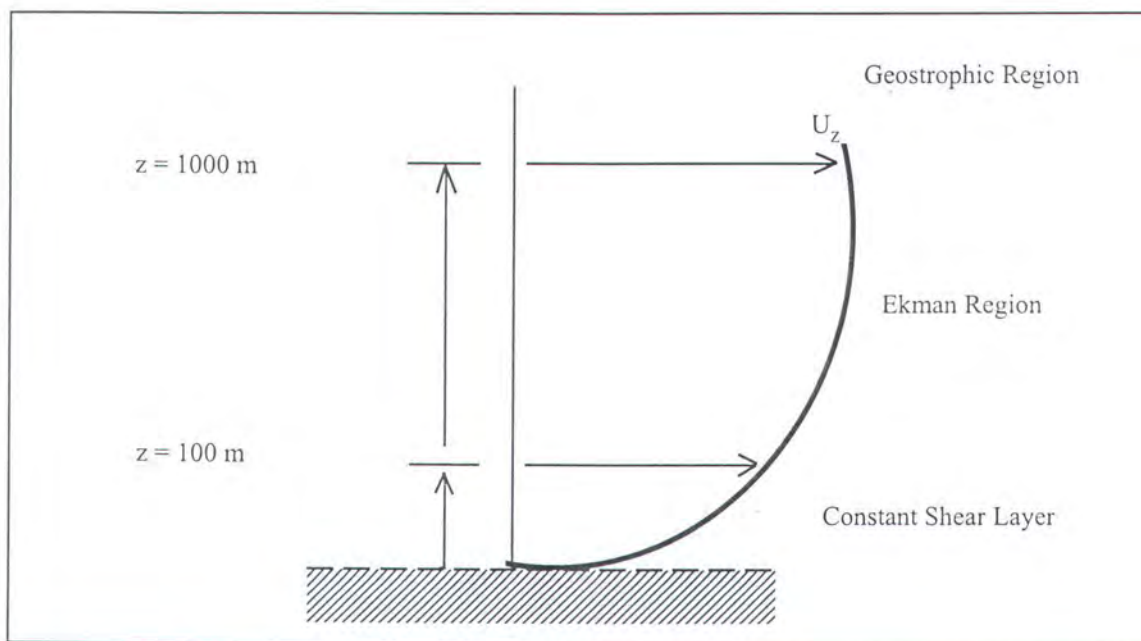
Dalam model peramalan gelombang, perlu diketahui beberapa parameter berikut ini :

- a. kecepatan rata-rata angin  $U$  di permukaan air
- b. arah angin
- c. panjang daerah pembangkitan gelombang (Fetch,  $F$ )
- d. lama hembus ( $t_d$ )



#### 4.2.2.3. Kecepatan Angin

Kecepatan angin biasanya dicatat untuk harga-harga ekstrim saja. Kecepatan angin ekstrim hanya terjadi dalam periode waktu yang pendek yang biasanya kurang dari dua menit. Oleh karena itu, pengukuran kecepatan angin ekstrim yang hanya terjadi pada waktu singkat tersebut tidak digunakan sebagai kecepatan angin di dalam pembangkitan gelombang. Data kecepatan rata-rata dalam 10, 25, 50 menit, atau sesuai keperluan.



*Gambar 4.2.2.3.1 Distribusi kecepatan angin*

Untuk keperluan peramalan gelombang biasanya dipergunakan kecepatan angin pada ketinggian 10 m. Apabila kecepatan tidak diukur pada ketinggian tersebut, kecepatan angin perlu dikoreksi dengan rumus :

$$U_{10} = U_z \left( \frac{10}{z} \right)^{\frac{1}{7}} \quad \text{pers, 4.2.2.3.1} \dots$$

untuk  $z < 20 \text{ m}$ .

Kecepatan angin yang akan dipergunakan untuk peramalan gelombang adalah seperti yang dikemukakan oleh Yuwono (1992) sebagai berikut:

$$U = R_T \cdot R_L [U_{10}]_L \quad \text{pers. 4.2.2.3.2} \dots$$

Keterangan :

$R_T$  = Koreksi akibat adanya perbedaan antara temperatur udara dan air.

$R_L$  = Koreksi terhadap pencatatan angin yang dilakukan di darat.

$[U_{10}]_L$  = Kecepatan angin pada ketinggian 10 m di atas tanah (land)

Untuk menggunakan grafik yang ada pada buku "*Shore Protection Manual*", 1984 ; kecepatan angin tersebut masih harus diubah ke faktor tegangan angin  $U_A$  ("wind - stress factor = adjusted wind speed"). Untuk menghitung  $U_A$  tersebut dapat digunakan rumus dari Yuwono (1992) :

$$U_A = 0,71 U^{1.23} \quad \text{pers. 4.2.2.3.3} \dots$$

Keterangan :

$U$  = Kecepatan angin (m/ detik)

Tinggi gelombang (HS) didapatkan dengan cara memasukkan nilai "wind - stress factor  $U_A$ ", panjang fetch  $F$  dan lama hembus  $t_d$  pada grafik *SPM* 1984. Apabila grafik yang dipakai hanya membutuhkan data kecepatan angin saja (misalnya tidak menggunakan grafik yang ada pada buku *SPM* 1984, maka penentuan  $U_A$  ini tidak perlu dilakukan.

#### 4.2.2.4. Fetch

Di dalam perjalanan gelombang angin, fetch biasanya dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi daerah pembangkitan gelombang. Fetch dapat didefinisikan sebagai panjang daerah pembangkitan gelombang pada arah datangnya angin.

Panjang fetch di laut bebas ditentukan berdasarkan batas-batas :

- a. "coast line" (garis pantai)
- b. "meteorological fronts"
- c. "curvature of Isobars"
- d. "spreading of Isobar"

Dengan demikian, kita dapat meramalkan gelombang yang terjadi di pelabuhan Tanjung Perak yang mempengaruhi dermaga penyeberangan selat Madura di Ujung Surabaya, yaitu :

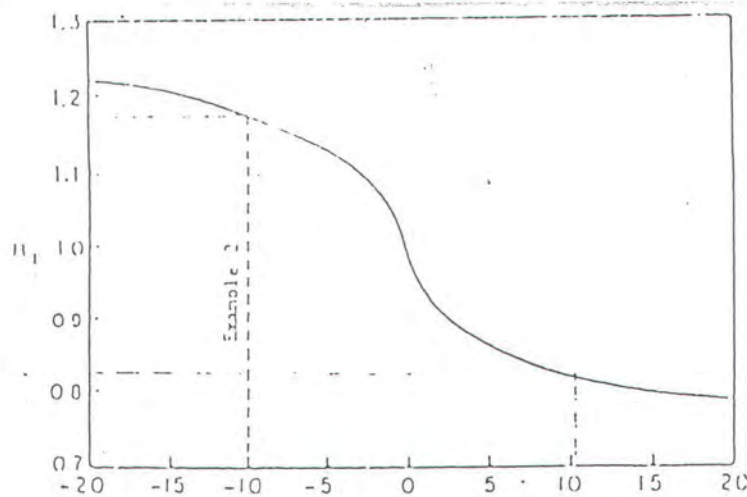
$$\begin{aligned} \text{a. } U_{10} &= 15 \text{ knot} \\ &= 15 \times 0,514 \text{ (m/ s)} \\ &= 7,71 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } U &= R_T \cdot R_L (U_{10})_L \\ &= 0,82 \cdot 1,23 (7,71) \\ &= 7,77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } U_A &= 0,71 \cdot U^{1,23} \\ &= 0,71 (7,77)^{1,23} \\ &= 0,71 \cdot 12,46 \\ &= 8,84 \end{aligned}$$

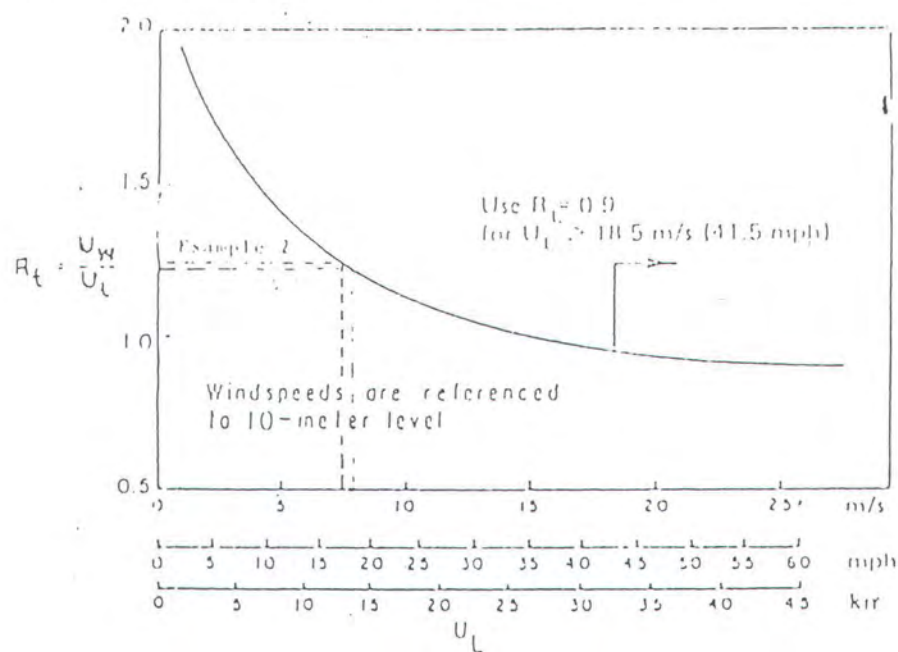
$$\text{d. Panjang fetch} = 5 \text{ km}$$





Air-sea temperature difference  $(T_a - T_s)$  °C  
(Resio & Vincent, 1977b)

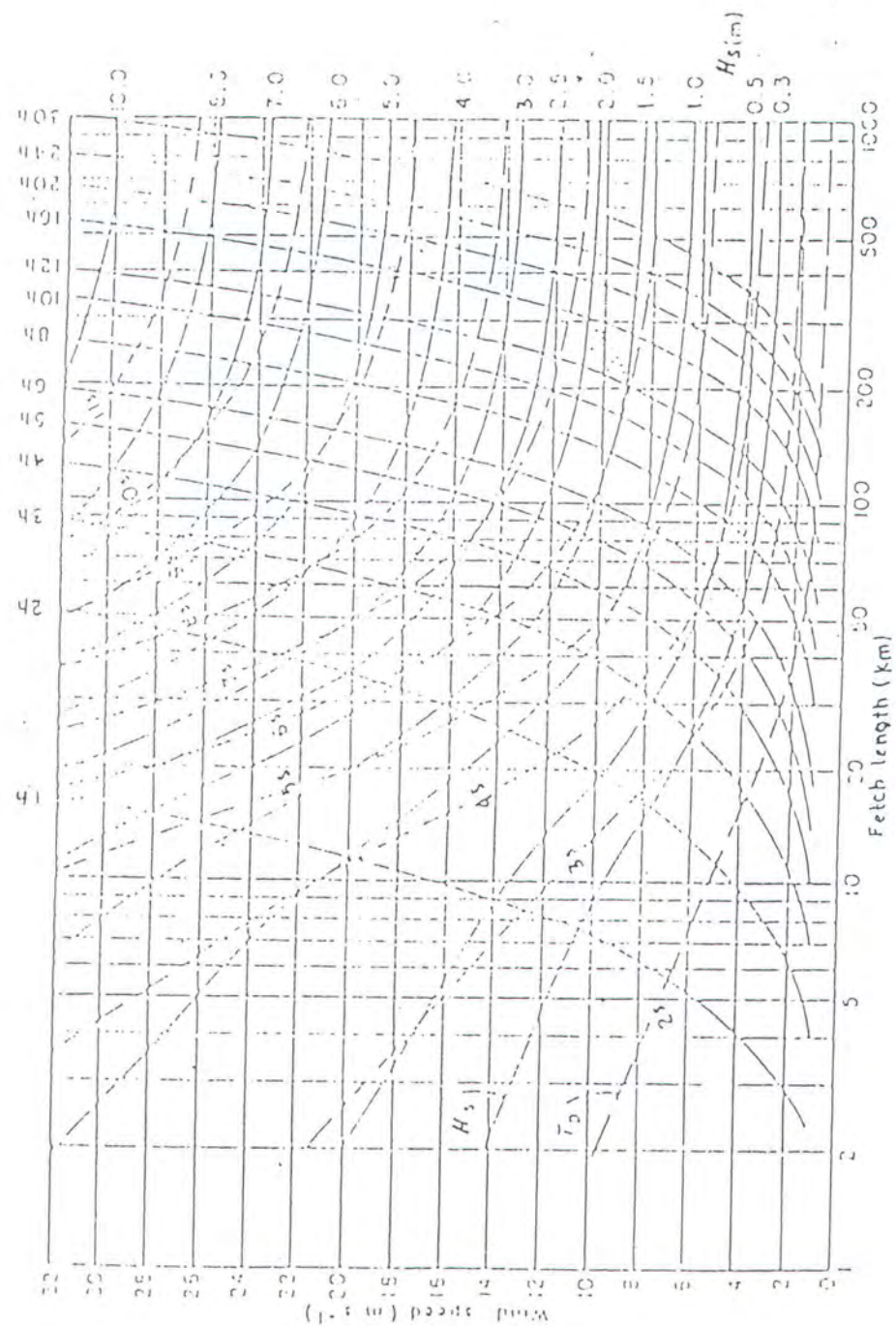
Amplification ratio,  $R_T$ , accounting for effects of air-sea temperature difference.



(after Resio & Vincent, 1977b)

Ratio,  $R_L$ , of windspeed over water,  $U_w$ , to windspeed over land,  $U_L$ , as a function of windspeed over land,  $U_L$ .

Gambar 4.2.2.3.2 Koefisien koreksi kecepatan angin



Gambar 4.2.2.3.3. Grafik kurva perkiraan gelombang ( SPM, 1984)

e. Dari grafik di atas didapat harga-harga yang mendekati adalah :

$$H_s = 0,3 \text{ m}$$

$$T = 2 \text{ detik}$$

#### 4.2.3. Pasang Surut

Jawatan Hidro Oceanografi Angkatan Laut menerbitkan buku yang berisi daftar konstanta masing-masing komponen pasang surut untuk kota-kota besar, dan daerah tertentu lengkap dengan garis lintangnya. Dari buku tersebut, dapat diramalkan kecenderungan tipe pasang surut berdasarkan perbandingan :  $\frac{K1 + O1}{M2 + S2}$

Bila harga  $\frac{K1 + O1}{M2 + S2} > 1$ , pasang surut cenderung diurnal, dan bila harganya  $< 1$ , pasang surut yang terjadi cenderung semi diurnal.

Surabaya dengan garis lintang  $7,2^\circ$  LS dimana harga  $K1 = 47$ ,  $O1 = 28$ ,  $M2 = 44$  dan  $S2 = 26$ , jadi  $\frac{47 + 28}{44 + 26} > 1$ , maka Surabaya mempunyai tipe pasang surut yang cenderung diurnal, artinya pasang surut terjadi sekali dalam sehari.

#### 4.3 Beban-beban yang Ada

Beban-beban yang dialami oleh dermaga pada dasarnya ada dua macam, yaitu beban statis dan beban dinamis. Beban statis yang bekerja adalah beban yang diakibatkan oleh gaya hidrostatis dan beban dinamis ada dua macam yang pertama diakibatkan oleh standing wave dan yang kedua karena beban impact kapal. Untuk lebih jelasnya dapat diuraikan sebagai berikut :



### 4.3.1 Perhitungan Beban Statis

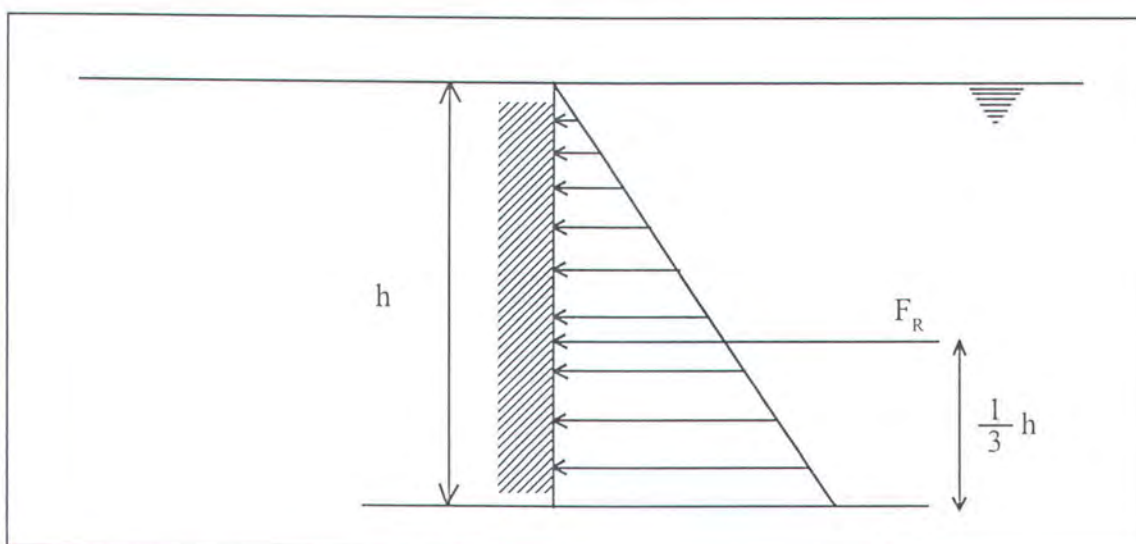
Perhitungan statik adalah perhitungan yang membahas kondisi-kondisi keseimbangan benda-benda yang dikenai oleh gaya-gaya. Dalam pembahasan ini ada dua macam konstruksi yang mengalaminya, yaitu :

- a. Dermaga Tiang Pancang
- b. Dermaga dengan Konstruksi Koison

Pada dermaga tiang pancang beban yang diterima dan yang diasumsikan statis adalah beban yang diakibatkan oleh kendaraan-kendaraan besar yang melewatinya (yang menuju kapal atau yang berasal dari kapal), misalnya bus dan truk.

Kemudian pada dermaga konstruksi koison yang dalam hal ini dermaga digunakan sebagai sandaran kapal, dermaga akan mengalami beban statis yang diakibatkan oleh beban hidrostatik. Hal ini disebabkan karena dermaga mempunyai luasan yang besar, yaitu  $(55 \times 8) \text{ m}^2$ . Dari bab sebelumnya diterangkan bahwa gaya yang dialami sebesar :

$$F_R = \gamma \iint h \, dx \, dy \quad 4.3.3.1$$



Gambar 4.3.1.1 Gaya Hidrostatik (gaya statis)

Apabila harga-harganya dimasukkan ke dalam persamaan di atas, maka akan diperoleh nilai persamaan sebagai berikut :

$$F_R = \gamma \cdot h \cdot \int_0^{55} dx \int_0^6 dy$$

$$F_R = \gamma \cdot 5 \cdot [55] [5]$$

Jika  $\gamma = 10,045 \text{ (N/ m}^3\text{)}$  maka, harga  $F_R = 13.811 \text{ N} = 1409,3 \text{ ton} < 10.000 \text{ ton}$

#### 4.3.2. Beban Dinamis

Beban dinamis adalah beban yang diakibatkan oleh gelombang yang mempunyai karakteristik seperti pada penjelasan gelombang yang diakibatkan oleh kecepatan angin yang antara lain adalah sebagai berikut :

$$H_s = 0,3 \text{ meter}$$

$$T_s = 2 \text{ detik}$$

Dengan menggunakan metode ITTC (International Towink Tank Conference, 1966, 1969, 1972) seperti yang dikemukakan oleh Chakrabarti (1987) dapat ditentukan harga-harga gelombang yang dibutuhkan dengan menghitung spektrum gelombang.

a. Luasan spektrum gelombang ( $m_n$ )

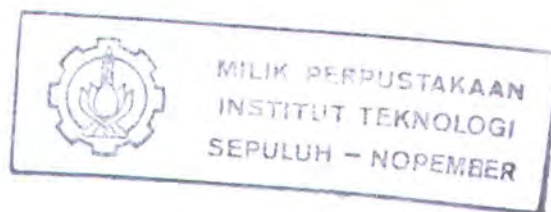
$$m_n = \int_0^{\infty} \omega^n S(\omega) d\omega \quad 4.3.2.1$$

Keterangan :

$m_n$  = Luasan spektrum gelombang

$\omega_n$  = Frekuensi gelombang

$S(\omega)$  = Spektrum gelombang



$$S(\omega) = (A/\omega^5) \exp((-B/\omega^4)) \quad 4.3.2.2$$

Keterangan :

$$A = 8,1 \times 10^3 \times g^2$$

$$B = (3,11 \times 10^4) / H_s^2$$

b. Frekuensi gelombang yang memotong titik nol ( $\omega_z$ )

$$\omega_z = \sqrt{m_2/m_0} \quad 4.3.2.3$$

c. Standar deviasi gelombang

$$\sigma = \sqrt{m_0} \quad 4.3.2.4$$

d. Angka gelombang ( $k$ )

$$k = \sqrt{\frac{g/\sigma}{3,54 \omega_z}} \quad 4.3.2.5$$

Keterangan :

$k$  = Angka gelombang

$g$  = Percepatan gravitasi ( $980 \text{ cm/dt}^2$ )

$\sigma$  = Standar deviasi

$\omega_z$  = frekuensi gelombang yang memotong titik nol

Dengan menggunakan perhitungan yang dilakukan (terlampir), maka  $m_0 = 0.0489$ ,  $m_2 = 12.4938$ , dan  $m_4 = 144.396$ . Jadi harga-harga yang dikehendaki dapat ditentukan pula, yaitu:

$$\omega_z = 15.98$$

$$\sigma = 0.22$$

$$k = 1.17 \text{ radian/cm}$$



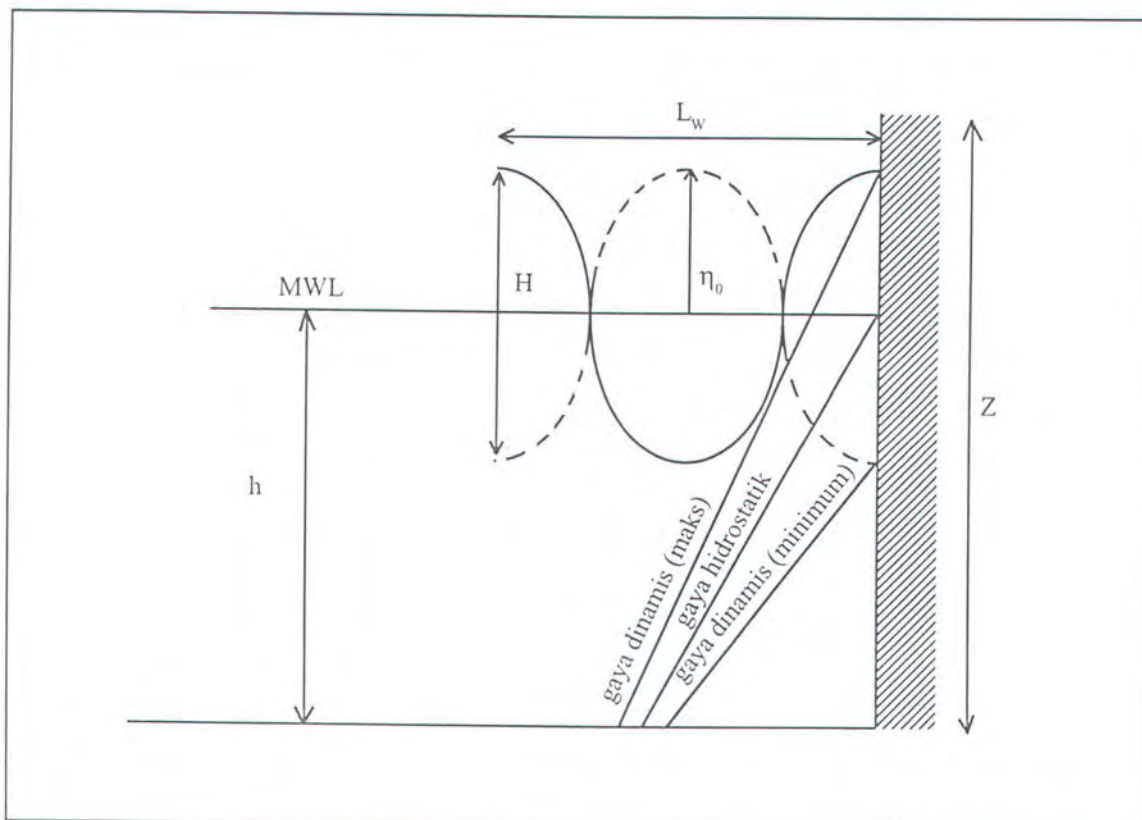
Kemudian yang digunakan dalam perhitungan gaya standing wave adalah harga  $k$  yang terdapat pada persamaan  $F(t)$  standing wave.

f. Amplitudo gelombang ( $A$ )

$$\begin{aligned} A &= H/2 \\ &= \eta_0 \\ &= 15 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi dengan demikian, kita dapat menentukan gaya standing wave dengan memasukkan harga-harga di atas ke persamaan di bawah ini :

$$F(t) = \frac{(H/2) \rho g}{k} \frac{\sinh(kh + k\eta_0)}{\cosh(kh)} \cos(\omega t) - \frac{\rho g}{2} (\eta_0^2 - h^2) \quad 4.3.2.6$$



Gambar 4.3.2.1. Diagram gaya gelombang "Standing Wave"

Keterangan gambar :

H = Tinggi gelombang

$\eta_0$  = Nilai h maksimum = Amplitudo gelombang (A)

h = Kedalaman air

Z = Bidang kerja

$L_w$  = Panjang gelombang

MWL = Rata-rata permukaan air

F(t) akan maksimum jika nilai  $\cos(\omega t) = 1$ , dan mencapai nilai minimum jika  $\cos(\omega t) = -1$ .

Jadi nilai F(t) maksimum adalah :

$$= \frac{(0,3/2) \cdot 1,025 \cdot 9,8}{0,017} \cdot \frac{\sinh(0,017 \cdot 5 + 0,017 \cdot 0,15) (1)}{\cosh(0,017 \cdot 5)} - \frac{1,025 \cdot 9,8 (0,15^2 - 5^2)}{2}$$

$$= \frac{132,9 \text{ N/m}}{9,8} \times 55 \text{ m} = 745,8 \text{ ton}$$

Dan nilai f(t) minimum ( $\omega t = -1$ ), adalah = 117.85 N/m

#### 4.3.3 Perhitungan Beban Impact

Beban impact dalam hal ini disebabkan oleh kapal yang menumbuk ataupun yang bersandar pada dermaga. Dari dermaga yang ditinjau, maka kapal-kapal yang bersandar adalah sebagai berikut :

Tabel 4

**Data Kapal yang Bersandar pada Dermaga II**

No.	Nama	GT	P	L	H	Rit/ hari
1.	KMP Tongkol	736,41	40,9	8,9	2,7	15
2.	KMP Joko Tole	545,27	29,9	9,02	0,9	15
3.	KMP Potre Koneng	969,7	33,5	13,6	1,8	15
4.	KMP Darma Ferry	226,39	37	15	2,1	15
5.	KMP Selat Madura I	226,22	38,4	10	2,2	15

Sumber : ASDP

Dari data-data tersebut kita akan dapatkan beban impact yang dialami dermaga, yaitu dengan cara mencari parameter-parameter yang dibutuhkan :

*a. Berat Kapal*

Untuk menghitung berat kapal (displacement tonnage) yang digunakan, pada umumnya ada hubungan seperti tercantum dalam Bridgestone (1995) adalah seperti yang tercantum dalam tabel 5 di bawah ini :

Tabel 5

**Konversi antara GT, DWT dan DT**

Kapal	Gross Tonnage (GT)	Dead Weight (DWT)	Displacement Tonnage (DT)
Tanker	1	1,5	2
Container	1	1,33	2
Kapal Penumpang	1	0,85	1



*b. Kecepatan Kapal Bertambat*

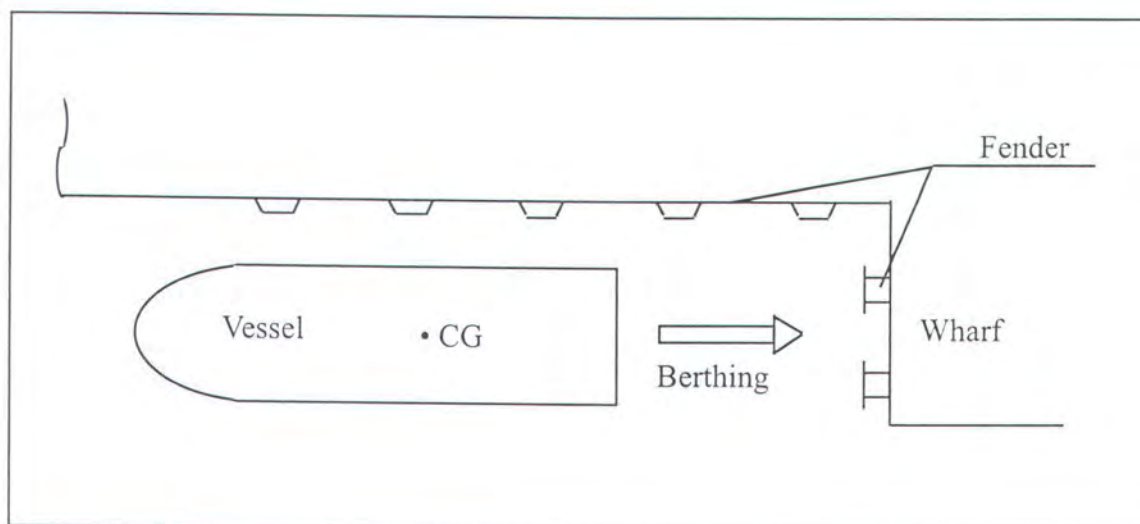
Menurut hasil survei lapangan nilai-nilai yang digunakan dalam desain kecepatan adalah seperti dalam, Bridgestone(1995) :

Tabel 6  
Hubungan antara Ukuran Kapal dan Kecepatan Bertambat

Ukuran kapal (DWT) Ton	Kecepatan nyata(m/detik)	Kecepatan desain
kurang dari 10.000	0,1-0,3	0,2
10.000-50.000	0,1-0,2	0,15
lebih dari 50.000	0,1-0,15	0,15

*c. Faktor Eksentrisitas (K)*

Nilai faktor eksentrisitas untuk model dermaga seperti dalam gambar di bawah adalah  $K = 1$ . Hal ini disebabkan karena nilai  $l = 0$ . ( Bridgestone, 1995)



Gambar 4.3.1.2 Arah penambatan kapal ke dermaga

Dengan ditentukannya nilai-nilai di atas, maka kita dapat menentukan energi impact yang dihasilkan oleh tiap-tiap kapal. Perhitungan ini dapat dilihat dari tabel 7 sebagai berikut :

Tabel 7  
Energi Impact Tiap-tiap Kapal

Nama Kapal	GT	DT ( $W_1$ )	$W_2 = \rho L H^2 \frac{\pi}{4}$	K	$V^2$	$E = \left( \frac{W_1 + W_2}{2g} \right) V^2 K$
1. KMP Tongkol	736,41	736,41	5,51	1	0,04	1,514
2. KMP Joko Tole	545,27	545,27	0,62	1	0,04	1,14
3. KMP Potre Koneng	969,7	969,7	3,74	1	0,04	1,986
4. KMP Darma Ferry	226,39	226,39	5,62	1	0,04	0,47
5. KMP Selat Madura I	226,22	226,22	4,11	1	0,04	0,47

#### 4.4 Jenis Dermaga yang Ditinjau

Dermaga yang ditinjau adalah Dermaga II Ujung Surabaya. Dermaga II tersebut terdiri dari dua jenis konstruksi, yaitu konstruksi tiang pancang dan konstruksi coisson.

##### 4.4.1 Dermaga tiang pancang:

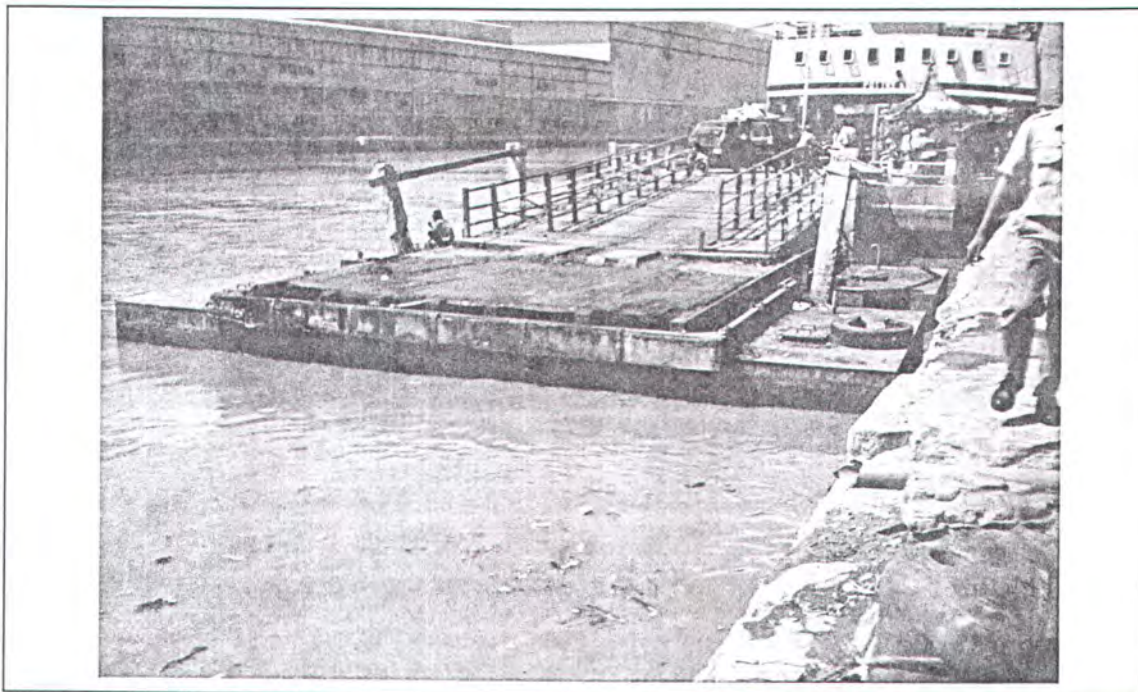
Dermaga tiang pancang berfungsi sebagai penghubung penimpang ke kapal ferry. Pada dermaga tiang pancang ini mempunyai dua ponton yang berfungsi sebagai



penahan jembatan yang dapat naik turun sesuai dengan keadaan permukaan air. Disamping itu ponton tersebut digunakan sebagai penahan kapal yang bertambat, yang selanjutnya gaya yang diterima disalurkan ke tiang pancang yang terpasang di sisi belakang pada masing-masing ponton.

#### 4.4.2 Kondisi kerusakan pada Dermaga Tiang Pancang

Kondisi kerusakan yang terjadi dapat dilihat dari foto sebagai berikut :



*Gambar 4.4.2.1 Foto kerusakan pada tiang pancang*

Dari foto di atas dapat dilihat bahwa yang terjadi adalah bagian atau keempat pile yang digunakan sebagai penahan beban yang diakibatkan oleh gerakan ponton ke arah horisontal, dan gerakan ponton ini adalah akibat dari beban tumbukan kapal.

Untuk waktu sekarang sebenarnya kerusakan tidak mempengaruhi fungsi dari kinerja dermaga, tetapi hal ini tidak dapat diabaikan begitu saja karena kerusakan yang fatal bermula dari kerusakan yang kecil.



Kerusakan dapat terjadi akibat dari beberapa hal, yaitu :

a. *Umur Struktur*

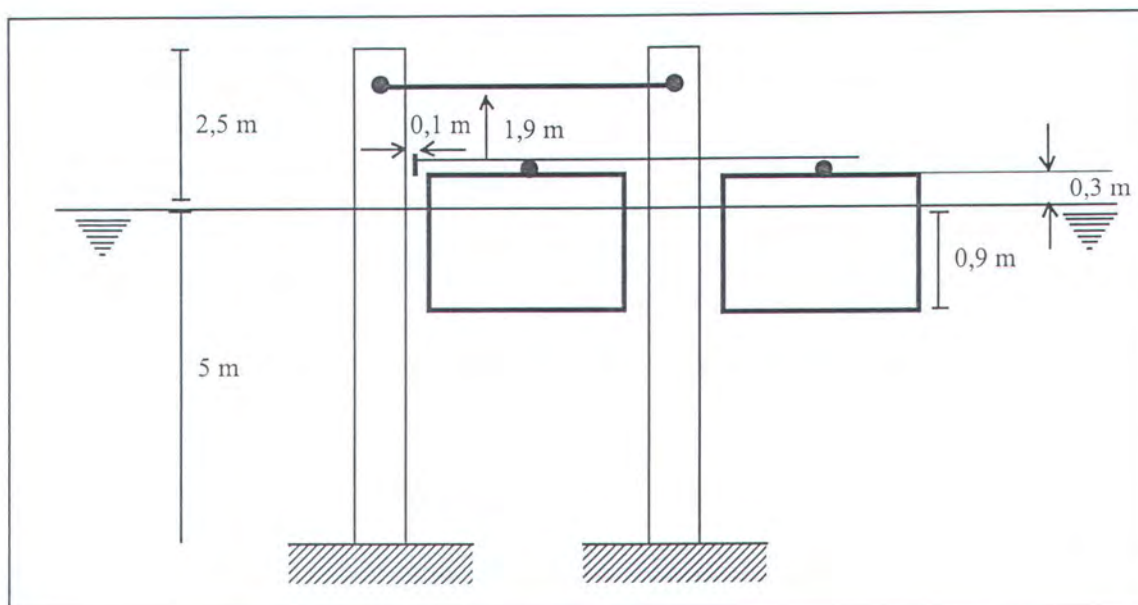
Umur struktur dermaga ini dapat dilihat dari tabel 2 bab IV, yaitu 17 tahun, dengan demikian bahwa umur struktur tidak lagi dikatakan baru, apalagi jika dilihat dari fungsinya yang setiap saat menerima beban tumbukan kapal.

b. *Frekuensi Penambatan*

Frekuensi penambatan adalah rit setiap hari dari kapal yang melakukan pelayaran, hal ini dapat dilihat dari jadwal (terlampir) atau dapat dilihat dari tabel 3 bab IV yang menyebutkan bahwa rit tiap kapal adalah 15 rit. Apabila rit kapal adalah 15 rit dan setiap hari kapal yang beroperasi adalah 4 kapal, maka dapat diambil kesimpulan bahwa kapal yang bertambat ke dermaga setiap hari adalah 60 kali, jadi dermaga menerima beban impact kapal setiap hari 60 tumbukan.

c. *Beban Penambatan*

Beban penambatan yang dianalisa adalah beban yang dianggap dapat menyebabkan kerusakan, tentu saja beban tersebut adalah beban yang diakibatkan oleh kapal yang terbesar, Hal ini dapat dianalisa sebagai berikut :



*Gambar 4.4.2.2 Penampang samping ponton*

- Dimensi ponton depan :

Panjang = 12 meter

Lebar = 4,40 meter

Tinggi = 1,20 meter

- Dimensi ponton belakang :

Panjang = 12 meter

Lebar = 4 meter

Tinggi = 1,20 meter

- Dimensi tiang pancang (beton) :

Tinggi = 7,5 meter

Panjang x lebar = ( 0,2 x 0,2 ) m<sup>2</sup>

Kapasitas tiang pancang = 600 k.N (maksimum)

Dari ukuran ponton yang diketahui, maka kapasitas kedua ponton adalah :

$$\begin{aligned}\text{Ponton depan} &= 12 \times 4,4 \times 0,9 \text{ m}^3 \\ &= 47,52 \text{ m}^3 \times \rho\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ponton belakang} &= 12 \times 4 \times 0,9 \text{ m}^3 \\ &= 43,2 \text{ m}^3 \times \rho\end{aligned}$$

Dengan demikian massa kedua ponton 92,988 ton.

Menurut hukum *Momentum*, bahwa :

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

Untuk memperoleh nilai maksimum, maka diambil harga massa kapal ( $M_2$ ) dan kecepatan kapal ( $V_2$ ) yang terbesar. Dengan demikian :

$$M_1 = 92,988 \text{ ton}$$

$$V_1 = \dots ?$$

$$M_2 = 99,33$$

$$V_2 = 0,2$$

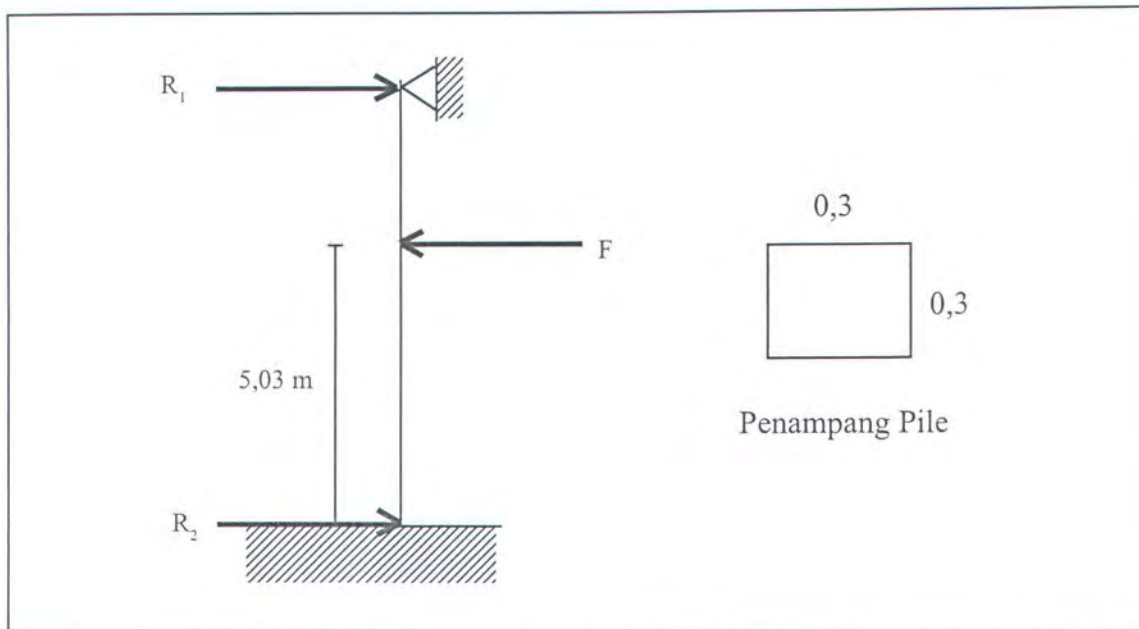
Jadi :

$$(92,988) V_1 = (99,33) 0,2$$

$$V_1 = 0,21 \text{ m/ detik.}$$

Apabila diasumsikan tidak ada energi yang hilang, artinya gaya bekerja secara sempurna, maka tiang pancang akan menerima beban seperti dalam gambar berikut:





Gambar 4.4.2.3 Free body diagram (gaya yang bekerja pada tiang pancang)

Apabila dua tiang pancang berkapasitas 300 k.N, maka untuk satu tiang pancang berkapasitas 150 k.N. Dari "Free Body Diagram" di atas dapat diartikan bahwa :

$$R_1 + R_2 = 150 \text{ k.N} \text{ dan } F = \frac{M_1 \cdot V_1}{t} \times (0.5)$$

Keterangan :

$M_1$  = Massa kedua ponton

$V_1$  = Kecepatan Bergeraknya ponton ke tiang pancang

$t$  = Waktu yang digunakan untuk menempuh letak ponton ke tiang pancang, atau

$$t = \frac{S}{V_1} \text{ , dimana S adalah jarak stang tiang ponton ke tiang pancang.}$$

$$\text{Jadi } t = \frac{0,1}{0,21}$$

$$= 0,47 \text{ detik.}$$

Maka gaya F yang bekerja pada satu tiang pancang adalah :

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{M_1 \cdot V_1}{t} \times \frac{1}{2} \\
 &= \frac{92,988}{0,47} \times \frac{1}{2} \\
 &= 98 \text{ k.N}
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung tegangan yang terjadi pada tiang pancang yang ditinjau kerusakannya menurut dasar teori yang digunakan, maka digunakan teori tegangan yang disebabkan oleh momen lentur seperti yang dikemukakan oleh Popov (1989) adalah sebagai berikut :

$$f_b = - \frac{My}{I_z}$$

Keterangan :

$f_b$  = Tegangan (N/ m<sup>2</sup>)

$M$  = Momen yang bekerja (N.m)

$I_z$  = Momen inersia (m<sup>4</sup>)

$y$  = Jarak dari sumbu netral ke titik gaya bekerja (m)

Di atas telah disebutkan bahwa gaya yang diijinkan bekerja adalah 150 K.N, dan jarak yang digunakan adalah 6,03 , jadi dengan demikian momen yang bekerja adalah:

$$\begin{aligned}
 M &= 150 \times 6,03 \\
 &= 904,5 \text{ (KN.m)}
 \end{aligned}$$

$$y = 0,15 \text{ (m)}$$

$$\begin{aligned}
 I_z &= \frac{1}{12} b (h)^3 \\
 &= \frac{1}{12} (0,3) (0,3)^3 \\
 &= 6,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{dan fb ijin adalah} &= - \frac{My}{I_z} \\
 &= - \frac{904,5 (0,15)}{6,75 \cdot 10^{-4}} \text{ (KN/ m}^2\text{)} \\
 &= - 201.000 \text{ (KN/ m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

Menurut perhitungan  $f$  yang bekerja adalah 98 KN, dengan perhitungan yang sama kita dapatkan :

$$\begin{aligned}
 M &= 98 \times 6,03 \\
 &= 590,94
 \end{aligned}$$

$$y = 0,15$$

$$I = 6,75 \cdot 10^{-4}$$



$$\begin{aligned}
 \text{dan } f_b \text{ (tegangan) yang bekerja adalah} &= - \frac{M_y}{I_z} \\
 &= - \frac{590,94 (0,15)}{6,75 \cdot 10^{-4}} \\
 &= - 131.320
 \end{aligned}$$

Jadi dengan demikian  $201.000 > 131.320$

$f_b \text{ ijin} > f_b \text{ yang bekerja}$

berarti tiang pancang dapat disimpulkan aman.

d. *Fender yang Digunakan*

Dari survey yang dilakukan bahwa dermaga tidak menggunakan fender tambahan kecuali kedua ponton yang berfungsi ganda, yang pertama sebagai penumpu beban vertikal oleh kendaraan dan penumpang yang memasuki kapal, dan yang kedua adalah sebagai penahan gerakan kapal yang selanjutnya disalurkan ke tiang pancang. Hal ini kurang efektif karena di samping energi yang diserap kurang banyak, benturan dari kapal bisa mengakibatkan kerusakan pada kapal sendiri.

#### 4.4.3 Dermaga Struktur Coisson

Dermaga struktur coisson berfungsi sebagai sandaran sisi samping kapal pada waktu kapal bertambat. Disamping menerima beban sandaran kapal struktur coisson ini juga menerima beban hidrostatik dan beban karena adanya standing wave. Beban hidrostatik dan standing wave telah dijelaskan pada perhitungan beban statis dan beban dinamis.

#### 4.4.4 Kondisi Kerusakan pada Struktur Coisson

Kondisi kerusakan dapat dilihat dari foto sebagai berikut :



*Gambar 4.4.4.1 Foto kerusakan pada dermaga koison*

Dari foto di atas dapat dilihat bahwa kerusakan yang terjadi adalah pada bagian struktur yang menjorok ke arah air laut atau dengan kata lain kerusakan yang terjadi adalah pada bagian yang terkena tumbukan kapal.

Seperti pada dermaga tiang pancang, pada dermaga ini pun kerusakan yang terjadi sebenarnya tidak mempengaruhi kinerja dari dermaga, tetapi keadaan ini tidak dapat dibiarkan begitu saja.

Kerusakan ini dapat terjadi akibat dari beberapa hal, yaitu :

*a. Umur Struktur*

Umur struktur dermaga ini dapat dilihat dari tabel 2 bab IV, yaitu 20 tahun, dengan demikian bahwa umur struktur tidak lagi dikatakan baru, apalagi jika dilihat dari fungsinya yang setiap saat menerima beban tumbukan kapal.

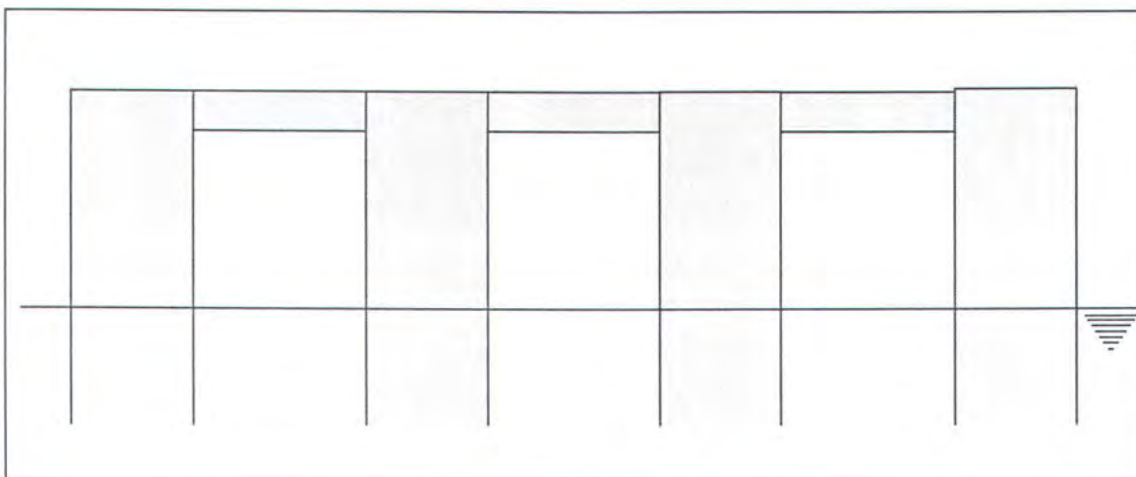
*b. Frekuensi Penambatan*

Seperti halnya pada dermaga tiang pancang, bahwa frekuensi penambatan kapal dilihat dari rit seluruh kapal yang beroperasi pada setiap harinya yaitu 60 kali penambatan.

*c. Beban Penambatan*

Beban penambatan adalah yang dilakukan kapal yang bertambat ke dermaga koison. Di atas telah diperlihatkan struktur yang mengalami kerusakan dan secara sketsa dermaga dapat digambarkan sebagai berikut :

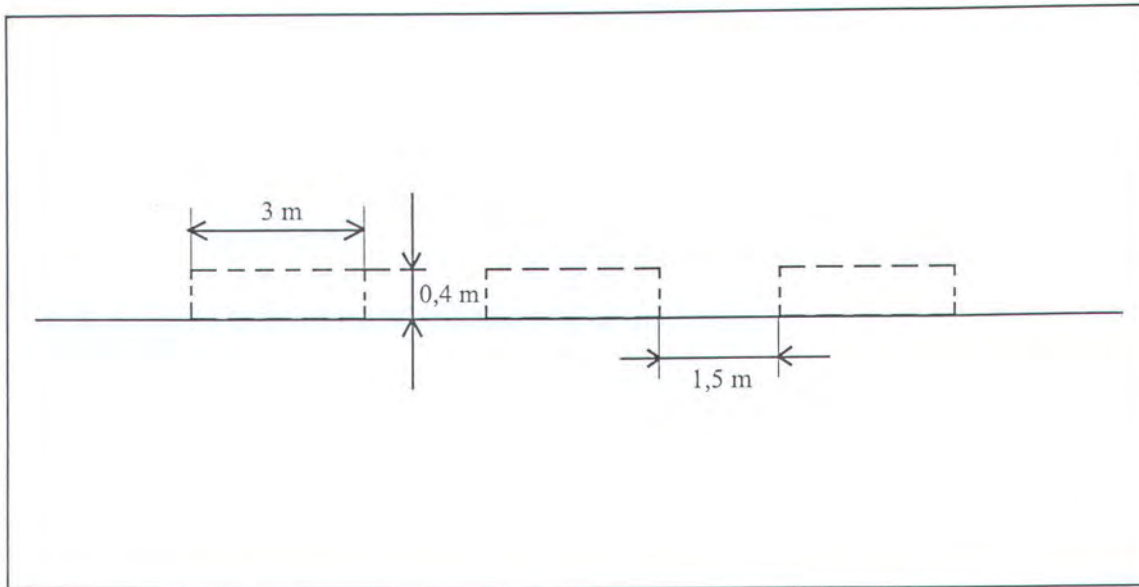
Pandangan depan :



*Gambar 4.4.4.2 Penampang depan dermaga struktur coisson*

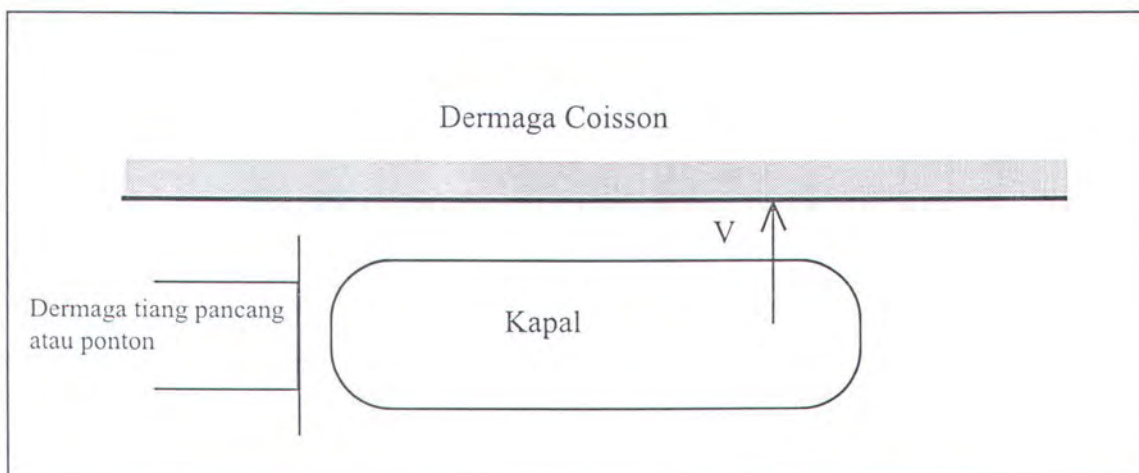


Pandangan atas :



*Gambar 4.4.4.3 Penampang (pandangan atas) dermaga struktur coisson*

Dari survey yang dilakukan, maka ditemukan masalah bahwa kapal yang bertambat di dermaga tiang pancang melakukan gerakan lanjutan terutama pada bagian belakang, dengan demikian pada bagian samping kapal membentur dermaga, hal ini dapat digambarkan sebagai berikut:



*Gambar 4.4.4.4 Arah gerakan lanjutan kapal yang berlabuh*

Dari gambar di atas memberikan kesimpulan bahwa kapal yang bertambat akan membentur ke samping artinya kapal memberikan energi impact ke dermaga, akan tetapi karena pengaruh bentuk dermaga yang sebagian permukaannya konstruksinya menjorok ke air, maka kerusakan yang terjadi yang diakibatkan oleh benturan kapal adalah bagian yang menjorok, juga karena tidak terpasangnya fender.

Energi impact yang diakibatkan oleh benturan masing-masing kapal adalah sebagaimana tercantum dalam tabel 8 berikut :

Tabel 8  
Energi Impact Tiap-tiap Kapal (Untuk benturan ke samping)

Nama Kapal	$GT=DT(W_1)$	$W_2$	K	$V^2$	$E = \frac{(W_1+W_2)}{2g} V^2.K$
1. KMP tongkol	736,41	5,51	1	$6,8.10^{-3}$	0,25
2. KMP Joko Tole	545,27	0,62	1	$5,7.10^{-3}$	0,15
3. KMP Potre Koneng	969,7	3,74	1	$3,6.10^{-3}$	0,17
4. KMP Darma Ferry	226,39	5,62	1	$4.10^{-3}$	0,16
5. KMP Selat Madura I	226,22	4,11	1	$16.10^{-3}$	0,15

#### 4.5. Pemilihan Jenis Fender

Dengan melihat hasil-hasil perhitungan gaya yang bekerja pada dermaga, kemudian dibandingkan dengan kapasitas dermaga yang ada, sebenarnya masih dalam kondisi aman, artinya dermaga mampu menahan energi impact kapal maupun gaya-gaya yang diakibatkan oleh hidrostatik dan standing wave (maksimum).

Akan tetapi oleh karena frekuensi penambatan kapal yang terlalu tinggi yaitu selama 24 jam dermaga menerima beban impact kapal sebanyak 60 kali, hal inilah yang mengakibatkan dermaga mengalami kerusakan, dan untuk mengatasi hal tersebut perlu adanya sistem pengaman, yaitu dengan memasang jenis fender yang sesuai dengan energi impact maupun bentuk dari dermaga.

##### 4.5.1. Jenis Fender yang Digunakan

Dengan melihat keadaan dermaga dan kapal yang bertambat, maka dapat diputuskan bahwa fender yang dipasang adalah fender dari bahan karet dengan model, ukuran, dan jumlah sebagai berikut :

##### *a. Menentukan energi yang diserap dermaga*

Dari perhitungan energi berthing yang telah dilakukan, maka yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya adalah dengan mengambil harga  $E$  yang terbesar yaitu  $E = 1,98$  untuk dermaga tiang pancang, dan  $E = 0,25$  untuk dermaga coisson. Kemudian untuk mendapatkan nilai energi yang diserap oleh fender maka harus ditentukan nilai  $E_a$ , nilai  $E_a$  dapat ditentukan dengan membagi faktor angular, faktor ini mempunyai harga  $\pm 1$



Dengan demikian nilai  $E_a$  untuk dermaga tiang pancang adalah :

$$\begin{aligned} E_a &= (E/0,9) \\ &= 1,98/0,9 \\ &= 2,2 \end{aligned}$$

dan nilai  $E_a$  untuk dermaga struktur coisson adalah :

$$\begin{aligned} E_a &= (E/0,9) \\ &= 0,25/0,9 \\ &= 0,277 \end{aligned}$$

Apabila dilihat dari  $E_a$  yang dihasilkan maka dalam buku Bridgestone(1995) dapat diputuskan model fender yang semestinya digunakan, yaitu model Cylindrical atau fender bentuk silinder.

*c. Menentukan diameter fender yang sesuai dengan nilai  $E_a$  dan lebar dermaga*

Penentuan diameter fender adalah dengan cara mengukur lebar permukaan dermaga yang mengenai kapal pada waktu kapal tersebut bertambat, dan diameter yang baik adalah diameter yang sesuai dengan nilai  $E_a$  dan nilai  $R_a$  (gaya reaksi)

- Dermaga Struktur Coisson
- Penampang bagian atas (horisontal) mempunyai lebar 0,3 meter
- Penampang vertikal mempunyai lebar 1,5 meter

Dengan demikian ukuran diameter yang sesuai dengan grafik di bawah ini adalah:

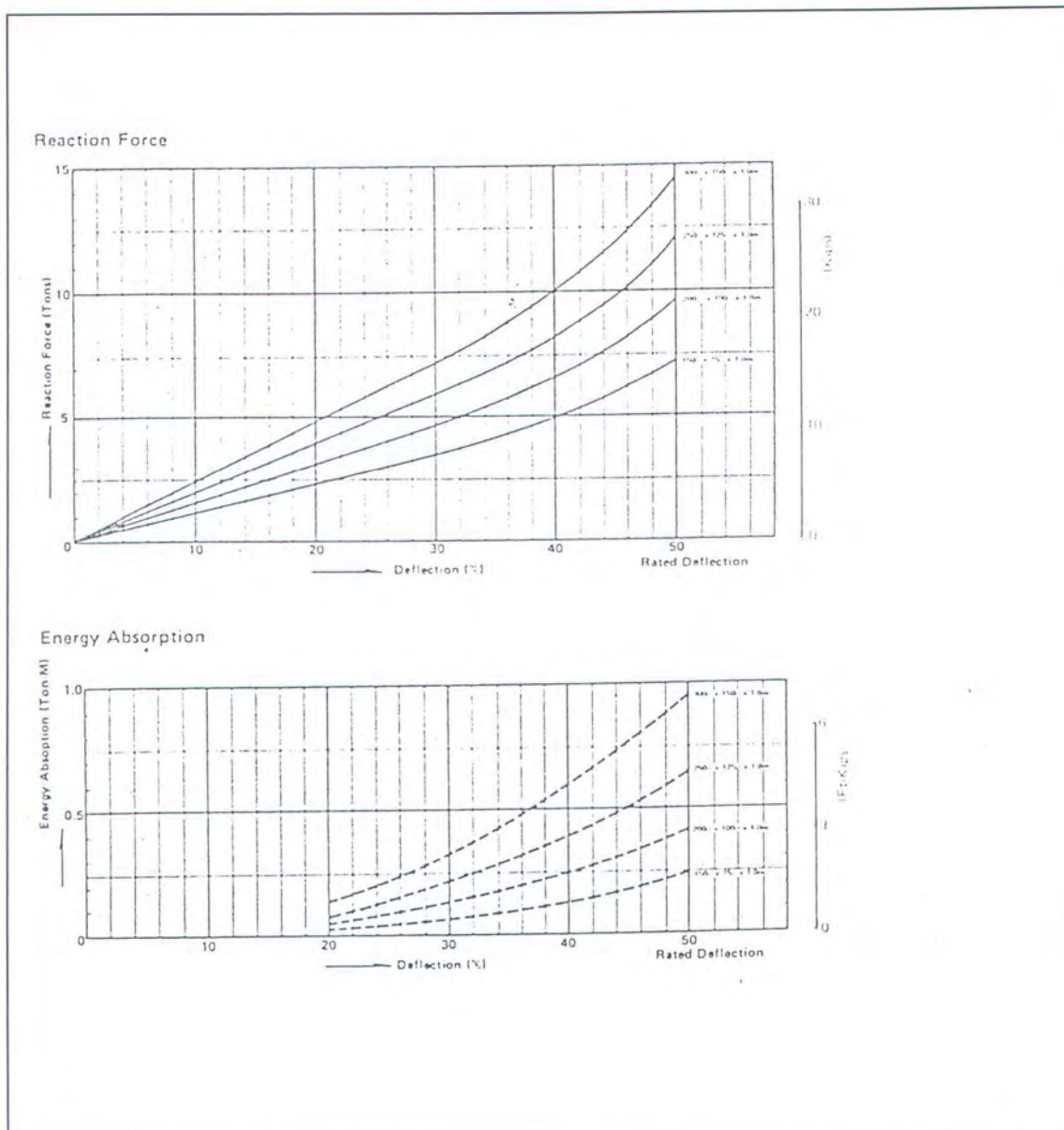
- Penampang horizontal :

$$Ea = 0,272 \text{ ton.m}$$

$$\text{Defleksi} = 34 \%$$

$$Ra = 7,2 \text{ ton}$$

$$\text{Diameter} = 250 \times 125 \text{ (size mm)}$$



Gambar 4.5.1.1 Grafik performance fender cylindrycal

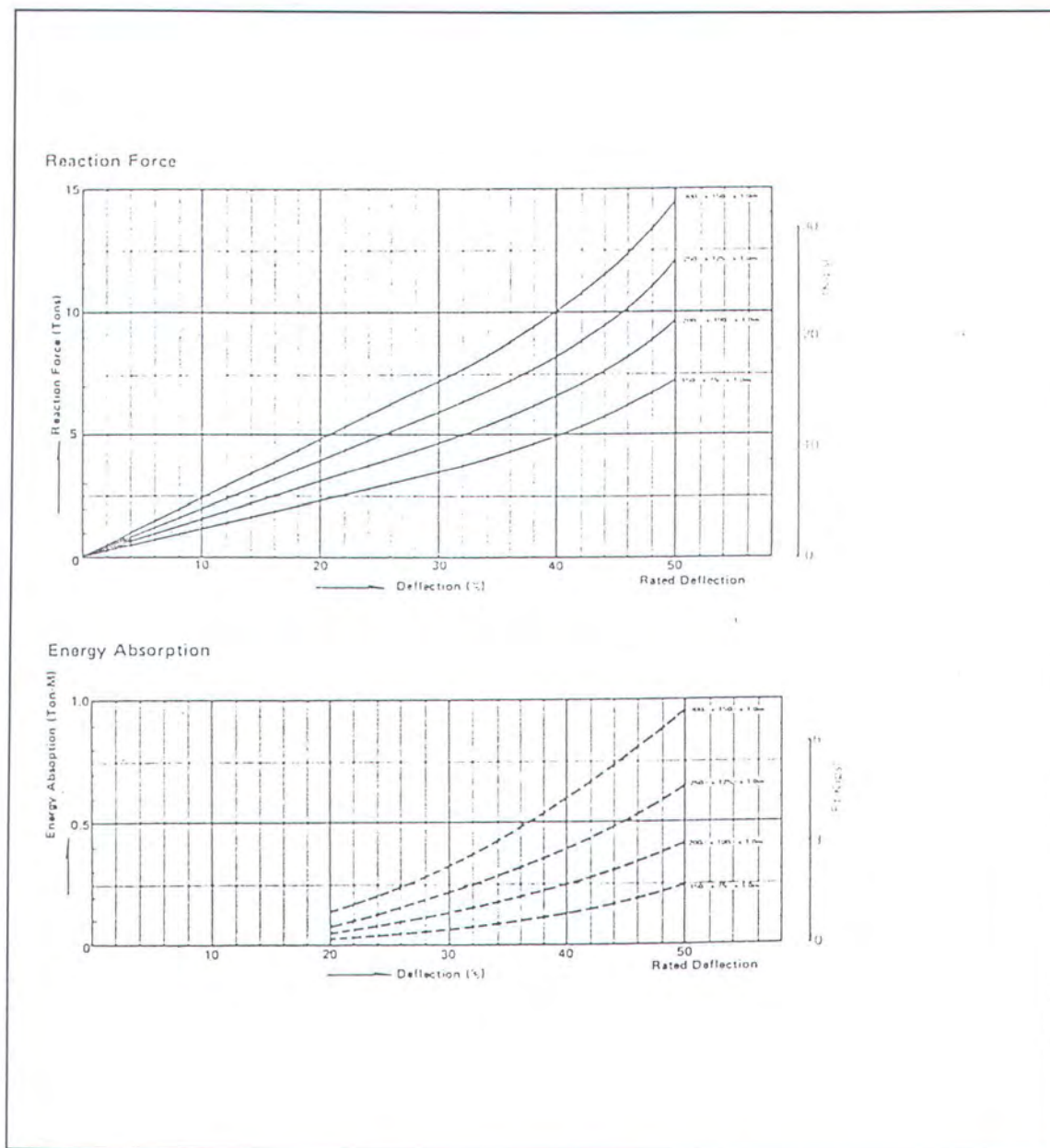
- Penampang Vertikal

$E_a = 0,272 \text{ ton.m}$

Defleksi = 28 %

$R_a = 7 \text{ ton}$

Diameter = 300 x 150 (size mm)



Gambar 4.5.1.2 Grafik performance fender cylindrical



- Dermaga Tiang Pancang

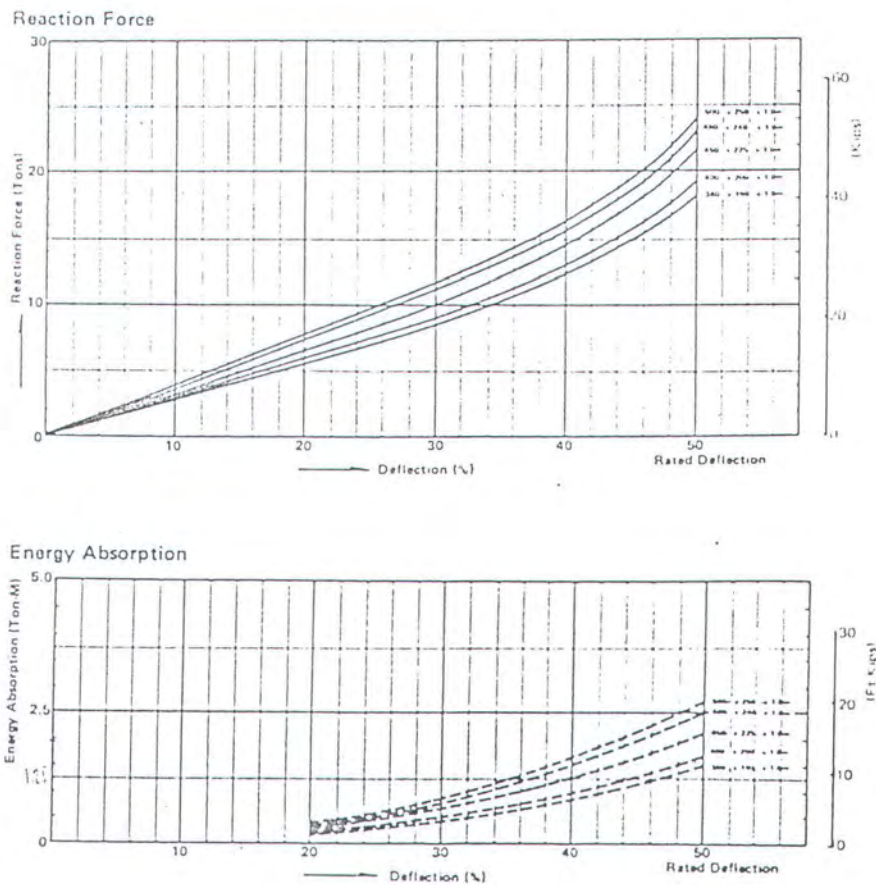
Dengan cara yang sama, kita dapat memutuskan :

$$E_a = 2,2 \text{ ton.m}$$

$$\text{Defleksi} = 45\%$$

$$R_a = 19,8 \text{ ton}$$

$$\text{Diameter} = 500 \times 250 \text{ (size mm)}$$



Gambar 4.5.1.3 Grafik performance fender cylindrical

#### 4.5.2 Jumlah dan Letak Pemasangan Fender

Dari hasil analisa diatas maka bagian dermaga yang memerlukan fender adalah :

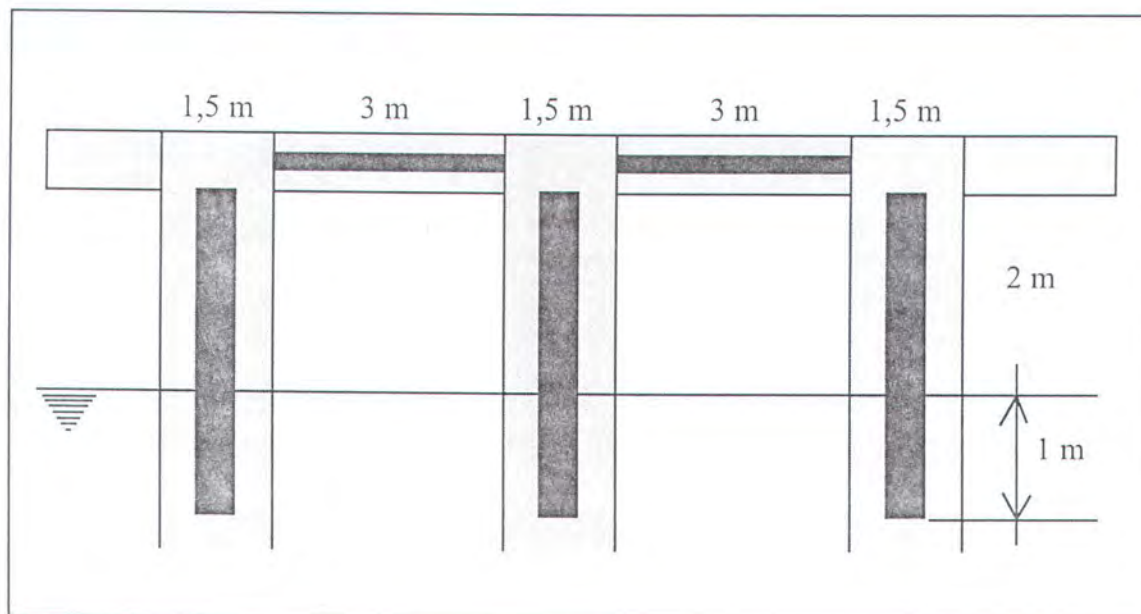
- *Dermaga tiang pancang*

Pada dermaga ini yang memerlukan fender adalah pada bagian yang digunakan untuk merapatnya kapal, yaitu pada bagian depan dermaga dan jumlah yang diperlukan adalah satu buah fender dengan panjang sesuai dengan panjang dermaga yaitu 9,6 M

- *Dermaga konstruksi coisson*

Dengan melihat bentuk dan ukuran dermaga serta ukuran kapal yang bertambat, maka fender yang dipasang adalah :

- Horizontal 6 buah x 3 meter
- Vertikal 7 buah x 3 meter



Gambar 4.5.2.1 Pemasangan fender pada dermaga struktur coisson





# **TUGAS AKHIR**

**BAB V**

**PENUTUP**



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan laporan Tugas Akhir ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan dermaga adalah :
  - a. Umur dermaga rata-rata di atas 15 sampai 20 tahun.
  - b. Tidak adanya pengaman (fender) yang melindungi dermaga.
2. Pada dermaga tiang pancang beban yang diakibatkan oleh gaya hidrostatik dan gelombang (wave standing) diasumsikan tidak terjadi karena luasan bidang tiang pancang relatif kecil, dan beban impact kapal 98 KN ,kemudian tegangan karena momen 131.320 KN/m<sup>2</sup> beban ini masih dibawah dari beban yang diijinkan yaitu 150 KN dan 201.000 KN/m<sup>2</sup>. Pada dermaga koison beban yang diakibatkan oleh gaya hidrostatik adalah 1409,3 ton dan oleh standing wave adalah 745,8 ton kemudian oleh beban sandar kapal 973,4 ton, jika ketiga beban yang bekerja dijumlahkan maka didapat 3.128,5 ton, beban ini masih dibawah dari beban yang diijinkan yaitu 10.000 ton.

3. Dengan melihat energi impact yang dilakukan oleh kapal sebesar 0,272 ton.m sampai dengan 2.2 ton.m dan bentuk serta keadaan dari dermaga, maka sebaiknya dermaga menggunakan fender dengan model silinder, dengan ukuran sebagai berikut :

- Ponton dengan diameter (500 x 250), panjang 9,6 m.

- Dermaga Coisson dengan diameter:

(250 x 125) untuk arah horisontal, 6 buah x 3 m

(300 x 150) untuk arah vertikal, 7 buah x 3 m

4. Perlu adanya perawatan dermaga secara berkala yang harus dilakukan oleh perusahaan pengelola yang terkait.

## 5.2 Saran

Dalam menanggulangi arus penyeberangan selat Madura yang semakin melonjak setiap tahunnya, sebaiknya perusahaan pengelola terkait memperhatikan :

- a. Perawatan dermaga
- b. Kapal-kapal yang menangani penyeberangan harus dalam keadaan baik, agar dalam melakukan pelayaran ataupun penambatan, kapal dapat dikendalikan.





# **TUGAS AKHIR**

**DAFTAR PUSTAKA**



## Daftar Pustaka

Orianto, M, Pratikto, W.A, *Mekanika Fluida*, FTK, ITS, 1984

Bridgestone, *Marine Fender Catalogue*, Bridgestone Corporation, Tokyo, Japan 1995

Sutrisno, *Fisika Dasar Mekanika*, ITB, Bandung, 1984

Working Group on Fender System Design, *Design of Fender System*, Japanese National Section of Permanent International Association of Navigation Congress, March, 1980.

Popov, E.P, *Mekanika Teknik*, Erlangga, Jakarta, 1989

Karmadibrata, S, *Perencanaan Pelabuhan*, Ganeca Exact, Bandung, 1985.

Quinn, Alonzo DeF, *Design and Construction of Port and Marine Structure*, McGraw-hill Book Company, 1972.

Bruun, Per, *Port Engineering, Third Edition*, Elsevier, Amsterdam, 1981.

American Association of Port Authorities, *Port Planning Design and Construction*, Standing Committee IV Construction and Maintenance, 1973.

Marpaung B, *Sarana dan Prasarana Angkutan Penyeberangan Lintas Ujung ke Kamal Perlu Diperbaiki*, Laporan Penelitian, Dep. Perhubungan, Jakarta, 1995.

Yuwono, Nur, *Teknik Pantai*, Teknik Sipil UGM, Yogyakarta, 1992.

Chakrabarti, S. K., *Hidrodinamics of Offshore Structures*, CBI Industries, Inc, USA, 1987.

Pratikto, W.A, Haryo D. Armono, Suntoyo, *Perencanaan Fasilitas Pantai dan Lautan*, Kerjasama Segitiga Biru, FTK, ITS, Surabaya, 1996.

Mc. Cormic, Michael E, *Ocean Engineering Wave Mechanic*,

Munro Smith, R. Msc. C Eng m. F.R.I.N.A, *Ship and Naval Architekture*

White,G.W, *Elementary Beam Theori*





# **TUGAS AKHIR**

**LAMPIRAN**



## LEMBAR PRESENSI KONSULTASI TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : AKHMAD ABDULLAH  
 NOMOR POKOK : 4391.100.026  
 NAMA DOSEN PEMBIMBING : 1. DR. Ir. W.A Pratikto, MSc  
 2. Ir. Handyanu, MSc  
 TUGAS DIMULAI : 30 JANUARI 1996  
 TUGAS DISELESAIKAN : 10 OKTOBER 1996  
 JUDUL TUGAS AKHIR : TINJAUAN TEKNIS KERUSAKAN YANG  
 TERJADI PADA DERMAGA PENYEBERANG-  
 AN SELAT MADURA DI TANJUNG PERAK  
 SURABAYA

NO	TANGGAL	KONSULTASI MENGENAI	TANDA TANGAN DOSEN PEMBIMBING
1.	15 - 3 - 1996	OUT LINE	<i>WAP</i>
2.	18 - 4 - 1996	BAB I PERBAIKAN	<i>WAP</i>
3.	25 - 4 - 1996	BAB I SELESAI	<i>WAP</i>
4.	10 - 5 - 1996	BAB II	<i>WAP</i>
5.	24 - 5 - 1996	BAB II PERBAIKAN	<i>WAP</i>
6.	7 - 7 - 1996	BAB II SELESAI	<i>WAP</i>
7.	30 - 8 - 1996	BAB III	<i>WAP</i>
8.	6 - 9 - 1996	BAB III PERBAIKAN	<i>WAP</i>
9.	10 - 9 - 1996	BAB IV	<i>WAP</i>
10.	11 - 9 - 1996	STANDING WAVE	<i>WAP</i>
11.	13 - 9 - 1996	SPEKTRUM GELOMBANG	<i>WAP</i>
12.	17 - 9 - 1996	BAB IV PERBAIKAN	<i>WAP</i>
13.	20 - 9 - 1996	BAB IV PERBAIKAN	<i>WAP</i>
14.	24 - 9 - 1996	BAB IV SELESAI	<i>WAP</i>
15.	4 - 10 - 1996	BAB V	<i>WAP</i>
16.	7 - 10 - 1996	BAB V PERBAIKAN	<i>WAP</i>
17.	8 - 10 - 1996	DAFTAR PUSTAKA	
18.	9 - 10 - 1996	SELESAI	

## LAMPIRAN A

DATA ANGKUTAN

DATA ANGKUTAN 5(LIMA) TAHUN TERAKHIR  
PERIODE TAHUN : 1991 S/D 1995

TAHUN	PENUMPANG	RODA- 2	RODA- 4	HEWAN	BARANG
1991	13,172,060	967,520	917,350	58,010	1,103,920
1992	13,457,406	1,143,628	881,256	53,808	1,022,644
1993	13,704,873	1,224,184	916,091	59,330	1,127,270
1994	14,781,731	1,354,526	1,038,352	65,886	1,251,837
1995	15,665,869	1,480,716	1,067,147	84,098	1,597,856
	70,781,939	6,170,574	4,820,196	321,132	6,103,527
per thn	14,156,388	1,234,115	964,039	64,226	1,220,705
an/Thn	4,46 %	11,30 %	4,03 %	10,43 %	10,39 %

Rata - Rata per Hari 5(lima) Tahun Terakhir

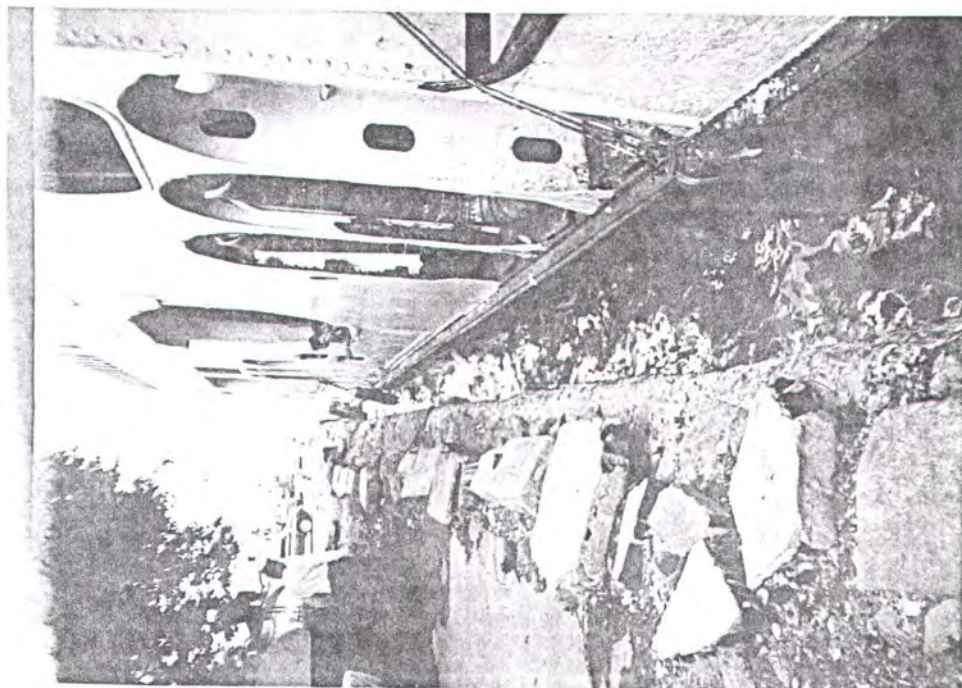
TAHUN	PENUMPANG	RODA- 2	RODA- 4	HEWAN	BARANG
1991	36,589	2,688	2,548	161	3,066
1992	37,382	3,177	2,446	149	2,841
1993	38,069	3,401	2,545	165	3,131
1994	41,060	3,763	2,884	183	3,477
1995	43,516	4,113	2,964	234	4,438



JADWAL PEMBERANGKATAN KAPAL  
UJUNG - KAMAL

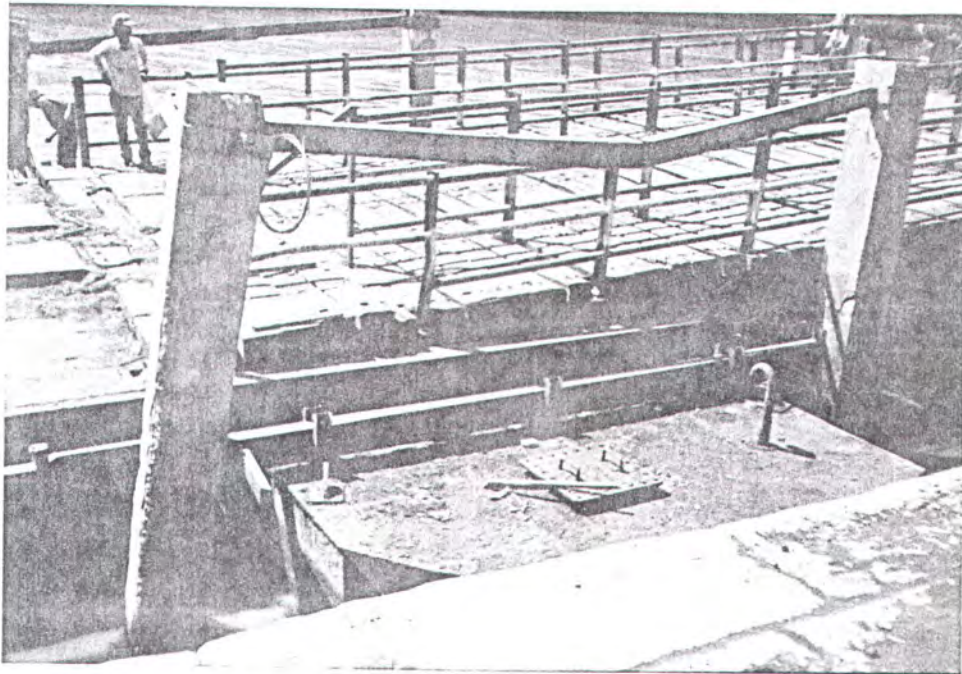
Jadwal	Jam	jadwal	Jam	Jadwal	Jam
ke		ke		ke	
1	00,04	21	07,38	41	15,58
2	00,25	22	08,03	42	16,23
3	00,45	23	08,28	43	16,48
4	01,07	24	08,53	44	17,13
5	01,30	25	09,18	45	17,38
6	01,50	26	09,43	46	18,03
7	02,12	27	10,08	47	18,28
8	02,32	28	10,33	48	18,53
9	02,54	29	10,58	49	19,18
10	03,15	30	11,23	50	19,43
11	03,36	31	11,48	51	20,08
12	03,58	32	12,13	52	20,33
13	04,18	33	12,38	53	20,58
14	04,43	34	13,03	54	21,23
15	05,08	35	13,28	55	21,48
16	05,35	36	13,53	56	22,13
17	05,58	37	14,18	57	22,38
18	06,23	38	14,43	58	23,00
19	06,48	39	15,08	59	23,22
20	07,13	40	15,33	60	23,43

## LAMPIRAN B



Kerusakan pada dermaga coisson





Kerusakan pada dermaga tiang pancang





## LAMPIRAN C



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA  
BALAI WILAYAH III  
STASIUN METEOROLOGI PERAK (MARET) SURABAYA  
JL. KALIDAS BAKU 97B SURABAYA TEL. 031 3291439

DATA KLIMATOLOGI TAHUN 1991

BULAN	Suhu Udara (°C)			Tekanan Udara (Hb)			Kelembaban Udara (%)			Curah Hujan (mm)		Angin		Penyinaran	
	Rata 2	Max.	Min.	Rata 2	Max.	Min.	Rata 2	Max.	Min.	Jumlah	Keruhujan/Kec.	Arah	Kec. Max	Arah	Matahari (%)
Januari	23,0	32,9	24,5	1010,3	1010,7	1007,1	81	91	64	276,3	26	06	T	12	HL 61
Februari	26,3	30,5	24,5	1010,0	1011,2	1007,5	84	92	67	190,3	24	07	HL	15	HL 46
Maret	23,5	33,0	24,9	1011,5	1012,5	1008,3	77	86	59	47,6	13	06	T	15	T 75
April	28,5	32,4	24,4	1010,4	1011,2	1007,3	83	92	64	411,9	22	05	Var	12	TL 59
Mai	27,8	31,8	23,8	1011,6	1012,4	1008,8	77	87	57	62,5	5	06	T	12	T 91
Juni	27,1	31,4	23,1	1012,5	1013,1	1009,2	76	87	55	11,0	1	06	T	10	T 89
Juli	27,2	31,3	22,6	1013,2	1013,7	1009,8	74	86	53	2,2	2	06	TG	14	S 97
Agustus	25,8	31,5	22,4	1013,7	1014,4	1010,0	71	84	50	-	-	06	TG	13	TG 99
September	27,9	33,1	23,2	1014,4	1015,0	1010,3	66	79	42	-	-	06	T	09	T 98
Oktober	29,3	34,5	24,8	1012,8	1013,1	1008,2	63	76	38	-	-	06	T	15	T 97
November	28,8	33,9	24,3	1012,2	1012,7	1008,6	72	84	53	137,2	10	06	T	08	T 81
Desember	28,1	32,8	24,6	1011,3	1012,0	1008,5	80	90	61	231,1	19	06	Var	10	T 60

BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA  
BALAI WILAYAH III  
STASIUN METEOROLOGI TERAK II (MARITI) SURABAYA  
JL. PALMIS BARU 97B SURABAYA Telp. 031 3291439

DATA KLIMATOLOGI TAHUN 1992

BULAN	Suhu udara (°C)			Tekanan Udara (hPa)			Kelembaban Udara (%)			Curah Hujan (mm)		Angin		Penghujan	
	Rata 2	Max	Min	Rata 2	Max	Min	Rata 2	Max	Min	Jumlah	Penghujan	Kec.	Max	Arah	Batasari (%)
Januari	28,0	33,2	24,4	1013,4	1015,1	1011,2	81	97	51	312,7	22	05	11	13	74
Februari	27,9	32,9	24,4	1011,9	1013,9	1010,6	83	95	59	226,3	18	06	11	12	62
Maret	27,9	32,9	24,0	1012,3	1013,8	1009,1	84	93	58	292,0	22	06	Var	10	63
April	27,9	32,1	25,3	1011,9	1013,6	1009,3	82	95	57	109,2	16	06	T	13	58
Mai	28,2	32,1	25,7	1010,6	1012,6	1008,9	76	93	47	39,7	10	06	T	20	78
Juni	27,6	31,4	25,0	1011,8	1013,6	1009,2	74	97	46	43,0	5	06	T	12	81
Juli	26,6	30,9	24,3	1012,8	1014,1	1011,0	69	93	42	16,2	5	07	T	14	91
Agustus	27,5	31,9	23,3	1012,6	1014,8	1009,7	67	92	37	7,0	2	06	T	13	85
September	29,5	34,4	25,9	1011,6	1014,5	1009,7	67	90	37	7,5	2	06	T	15	90
Oktober	29,0	34,1	25,4	1011,9	1013,3	1010,4	69	93	41	52,0	9	06	T	14	77
November	28,5	33,7	25,3	1011,3	1013,4	1009,3	73	93	40	130,2	16	05	T	13	71
Desember	29,3	31,2	24,8	1010,4	1012,2	1008,6	74	89	62	441,6	19	06	Var	15	56



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA  
BALAI WILAYAH III  
STASIUN METEOROLOGI PERAK III (MARET II) SURABAYA  
JL. KALIDAS BARU 27B SURABAYA TELP. 031 3291439

DATA KLIMATOLOGI TAHUN 1993

BULAN	Suhu Udara (°C)			Tekanan Udara (mb)			Kelembaban Udara (%)			Curah Hujan (mm)		Angin			Penguapan	
	Rata 2	Max.	Min.	Rata 2	Max.	Min.	Rata 2	Max.	Min.	Jumlah	Haribujan/Kec.	Arah	Eco.	Max	Arah	Natahari (%)
Januari	27,9	31,6	25,2	1010,9	1014,0	1008,5	80	94	68	232,0	21	06	ML	15	U	61
Februari	27,7	32,8	24,7	1011,9	1013,1	1008,8	78	90	62	234,8	23	06	B	10	B	74
Maret	27,5	32,3	23,9	1012,1	1015,1	1010,3	80	88	56	202,2	14	05	S	10	S	65
April	27,8	32,2	25,6	1011,7	1012,9	1009,9	80	90	58	63,3	11	05	S	10	S	67
Mai	28,5	32,3	26,6	1011,3	1013,4	1010,1	79	85	49	26,5	8	05	T	12	S	84
Juni	27,2	32,0	25,4	1012,0	1014,2	1009,4	75	87	48	96,7	14	06	T	12	S	75
Juli	27,3	31,8	22,9	1012,4	1013,6	1010,9	72	85	52	3,5	1	07	T	13	S	65
Agustus	27,8	31,7	24,3	1013,8	1015,8	1012,1	72	83	54	54,6	7	06	S	17	TG	95
September	28,4	33,0	24,2	1014,2	1016,5	1012,5	68	81	45	-	-	06	TG	15	T	98
Oktober	29,6	34,4	25,3	1013,7	1015,5	1012,0	66	78	42	-	-	08	T	15	S	99
November	30,0	33,8	25,7	1012,8	1014,2	1009,3	70	80	49	31,1	8	05	T	12	-	73
Desember	29,1	33,7	25,7	1010,1	1012,3	1007,8	75	85	57	254,5	21	05	Var	15	U	68



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA  
DAIRAH WILAYAH III  
STASIUN METEOROLOGI PERAK II (MARITIM) SURABAYA  
JL. KALINAS BARU 97B SURABAYA TELP. 031 3291429

DATA KLIMATOLOGI TAHUN 1994

BULAN	! Suhu Udara (°C)			! Tekanan Udara (mb)			! Kelembaban Udara (%)			! Curah Hujan (mm)		! Angin			! Penghujan	
	Rata 2!	Max.	Min.	Rata 2!	Max.	Min.	Rata 2!	Max.	Min.	Rata 2!	Max.	Jumlah Hari Hujan	Kec.	Max	Arah	Kecepatan (%)
Januari	27,7	32,2	25,1	1009,9	1011,7	1007,8	82	90	64	287,3	29	105	U	12	HL	62
Februari	27,9	32,6	25,2	1009,7	1011,9	1008,0	78	90	64	274,1	23	105	U	15	HL	54
Maret	27,5	32,0	25,0	1010,4	1013,3	1009,3	83	92	65	369,1	27	105	U	10	B	442
April	28,2	32,2	25,7	1010,5	1012,4	1009,1	79	83	59	127,6	10	105	T	12	TG	65
Mai	27,7	32,3	24,3	1012,0	1014,2	1009,7	72	81	51	8,0	4	105	TG	14	TG	89
Juni	27,2	32,1	23,8	1011,8	1013,8	1009,4	71	83	51	0,3	1	105	T	10	T	92
Juli	26,6	31,5	23,0	1012,9	1014,8	1011,5	69	81	48	—	—	105	S	15	S	94
Agustus	27,0	31,6	23,5	1013,6	1015,2	1011,9	63	79	47	—	—	106	TG	15	T	93
September	27,7	32,7	23,9	1014,0	1015,7	1012,8	63	75	40	—	—	106	TG	15	TG	93
Oktober	29,6	34,5	25,4	1012,9	1014,5	1011,3	64	73	38	—	—	106	T	15	T	85
November	29,7	34,0	27,4	1011,2	1013,4	1009,5	66	75	45	17,7	8	105	T	15	TG	83
Desember	29,0	33,1	27,0	1011,2	1013,3	1009,0	77	87	58	130,1	22	105	U	10	HL	64

DATA KLIMATOLOGI TAHUN 1995  
STASIUN METEOROLOGI PERAK II (MARJETH) SURABAYA

B U L A N	SUHU UDARA (°C)			TEKANAN UDARA ( MB)			KELEMBABAN UDARA (%)			CURAH HUJAN (MM)		ARAH/KEC ANGIN				PENYILIARAN ITH (%)
	RATA 2	MAX.	MIN	RATA 2	MAX	MIN	RATA 2	MAX	MIN	JULAH	HH	ARAH	KEC	ARAH	KEC	RATA - RAT
JANUARI	28.0	32.3	24.1	1011.1	1013.4	1009.5	81	97	49	143.3	24	B	05	360	20	48
FEBRUARI	27.7	32.2	23.5	1009.5	1013.6	1008.9	83	99	59	259.8	21	U	05	360	12	50
M A R E T	28.0	32.4	23.9	1009.4	1013.1	1008.3	82	97	54	203.3	20	T	04	360	15	53
A P R I L	28.7	33.0	24.6	1008.8	1013.3	1008.9	79	99	54	282.9	20	T	05	360	10	75
M E I	29.2	33.0	24.9	111.4	1013.7	1008.9	76	92	50	41.0	8	T	05	090	10	85
J U N I	28.4	32.3	24.6	111.2	1013.5	1009.9	75	95	52	109.1	12	T	05	130	10	76
J U L I	27.7	31.9	23.5	111.1	1013.1	1008.6	75	92	49	2.1	3	T	05	130	13	85
AUGUSTUS	27.5	32.3	22.3	112.5	1014.5	1008.6	70.	96	47	-	-	TG	06	120	13	97
SEPTEMBER	28.9	33.6	23.7	113.2	1014.4	1008.7	66	97	39	8.5	1	TG	04	130	15	97
OKTOBER	30.0	34.2	25.2	111.4	1013.6	1008.5	68	93	37	95.6	8	T	04	090	15	84
NOPE,HER	28.6	32.9	24.6	110.7	1011.9	1009.3	79	95	44	209.1	19	T	04	360	15	57
DESEMBER	28.3	32.2	24.2	110.8	1013.1	1007.5	79	97	57	236.8	23	B	05	290	15	50

## LAMPIRAN D



# FEATURES OF CYLINDRICAL FENDER

## Standard Sizes

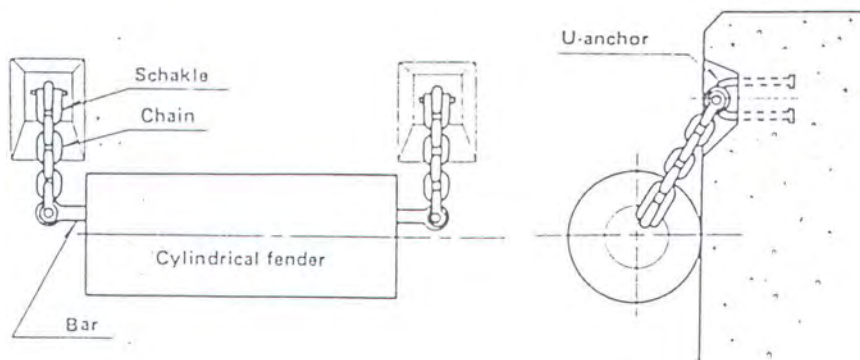
Outer diameter (mm) D	Inner diameter (mm) d	Maximum length to be produced (m)	Approx. weight (kgs/m)
150	75	12	19
200	100	12	33
250	125	12	51
300	150	12	74
380	190	12	119
400	200	12	131
450	225	12	166
480	240	12	189
500	250	12	205
530	265	12	231
600	300	12	295
700	350	12	402
800	400	12	525
900	450	12	665
1000	500	10	820
1100	550	3	992
1200	600	3	1181
1300	650	3	1386
1400	700	3	1608
1500	750	3	1864
1600	800	3	2100
1700	850	2.5	2371
1800	900	2.5	2658
1900	950	2	2961
2000	1000	2	3281

Applicable Kind of Berth	Applicable Type of Construction	Installation Examples				
General Cargo Berth Container Berth Ore Berth Oil Berth LPG, LNG Berth Shipyard RO/RO Berth Bridge Protection	Gravity Type Quay Caisson Jetty Pier Dolphin Jacket	Normal Installation on Dolphin	Single Pile Dolphin	Fender Pile	RO/RO Berth	Bridge Protection
General Cargo Berth Container Berth Ore Berth Oil Berth Shipyard RO/RO Berth Bridge Protection Tower Protection	Gravity Type Quay Caisson Jetty Pier Tower	Normal Installation on Continuous Quay Horizontal Installation Vertical Installation	T-Shape Layout	Diagonal Layout	Corner Fender	Tower Protection
General Cargo Berth Fishing Port	Gravity Type Quay Caisson Jetty Pier	Chain Support	Chain-Bar-Support	Ladder Support	Diagonal Layout	
General Cargo Berth Shipyard Oil Berth	Gravity Type Quay Caisson Jetty Pier	Normal Installation on Continuous Quay				
Fishing Port Yacht Harbour Barge Berth	Gravity Type Quay Floating Pier Pontoon	Normal Installation on Continuous Quay Horizontal Installation		Vertical Installation		

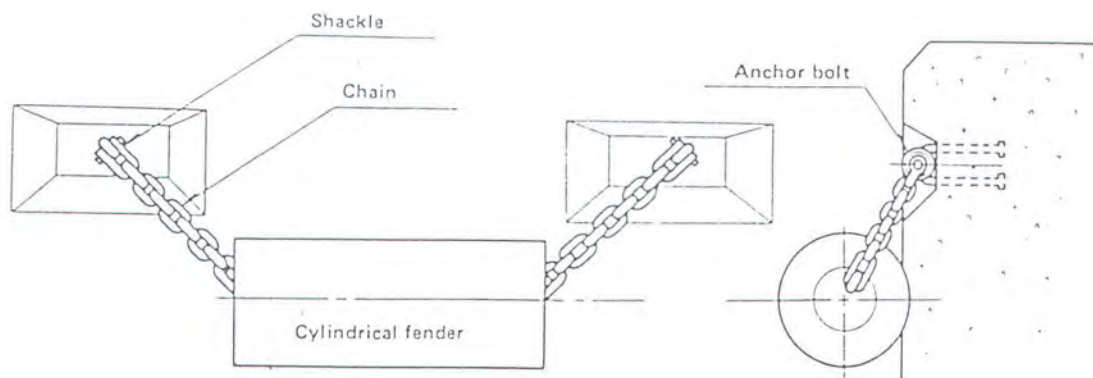


# ACCESSORIES

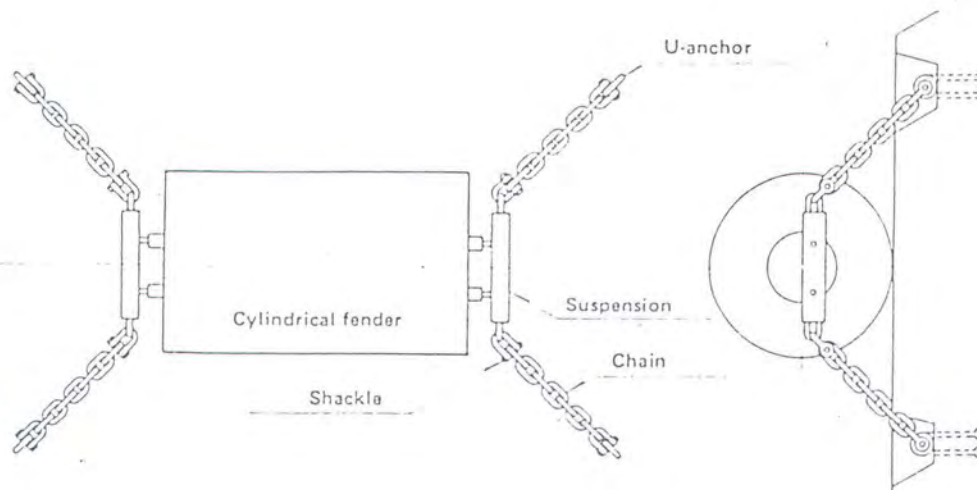
ing chain and bar



ing chain

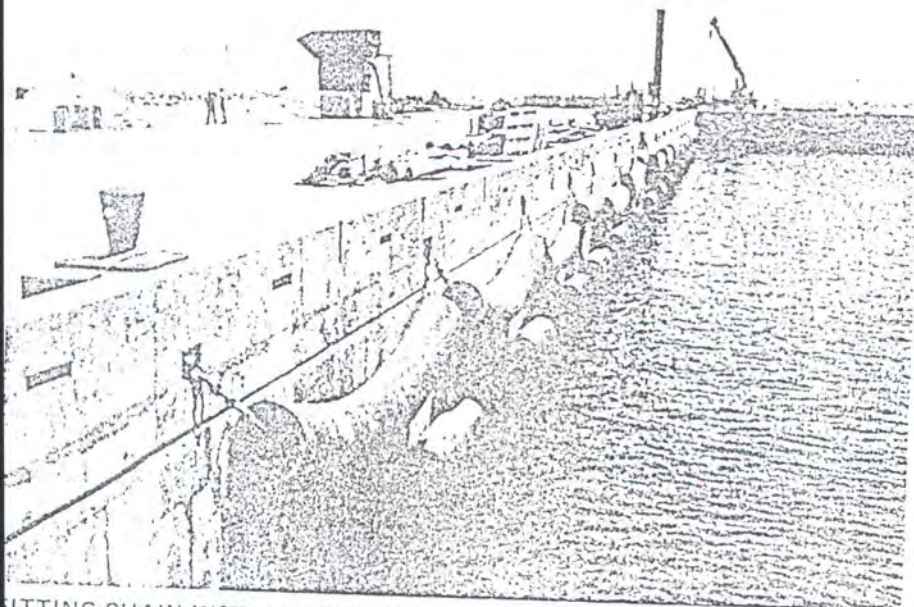


er

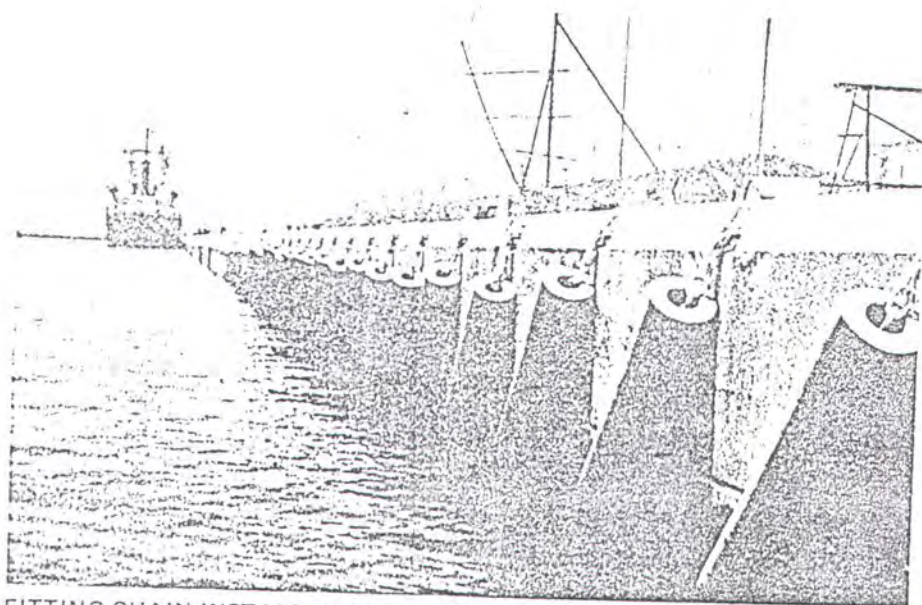




## 4 INSTALLATION EXAMPLE



FITTING CHAIN INSTALLATION (HORIZONTAL)



FITTING CHAIN INSTALLATION (DIAGONAL)

LAMPIRAN E

## 2 PERFORMANCE

150 $\phi$ —300 $\phi$

(1) Performance Table

Deflection	40%		45%		50%		* (70%)	
Performance Size (mm)	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips
150 $\phi$ x 75 $\phi$	4.9	0.14	5.9	0.18	7.3	0.23	146	1.73
	10.8	1.0	13.0	1.3	16.1	1.7	321.9	12.5
200 $\phi$ x 100 $\phi$	6.5	0.26	7.9	0.34	9.7	0.43	194	3.23
	14.3	1.9	17.4	2.5	21.4	3.1	427.8	23.4
250 $\phi$ x 125 $\phi$	8.2	0.41	9.9	0.53	12.2	0.66	244	4.95
	18.1	3.0	21.8	3.8	26.9	4.8	538.0	35.8
300 $\phi$ x 150 $\phi$	9.8	0.60	11.9	0.77	14.6	0.97	292	7.28
	21.6	4.3	26.2	5.6	32.2	7.0	643.9	52.7

R: Reaction force

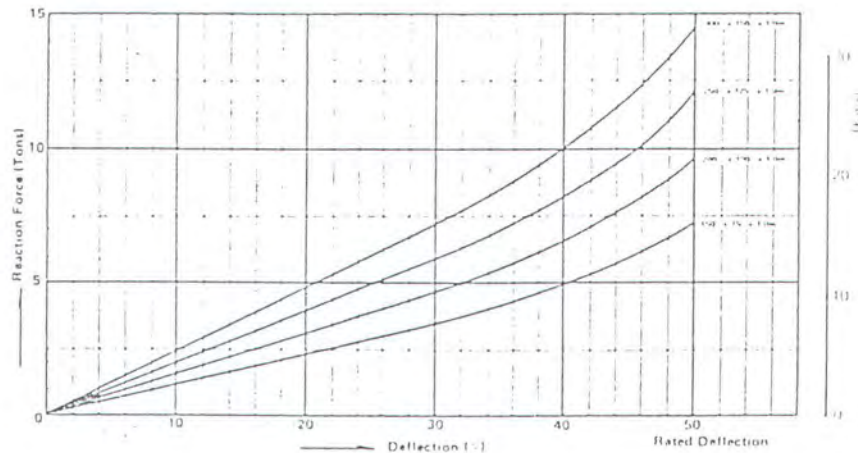
E: Energy absorption

\* Figures at 70% deflection are for reference

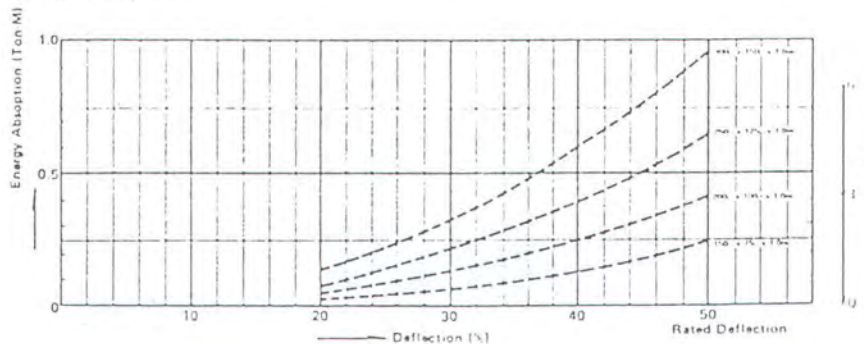
Tolerance:  $\pm 10\%$

(2) Performance Curve

Reaction Force



Energy Absorption





## 2. PERFORMANCE

### 380 $\phi$ —500 $\phi$

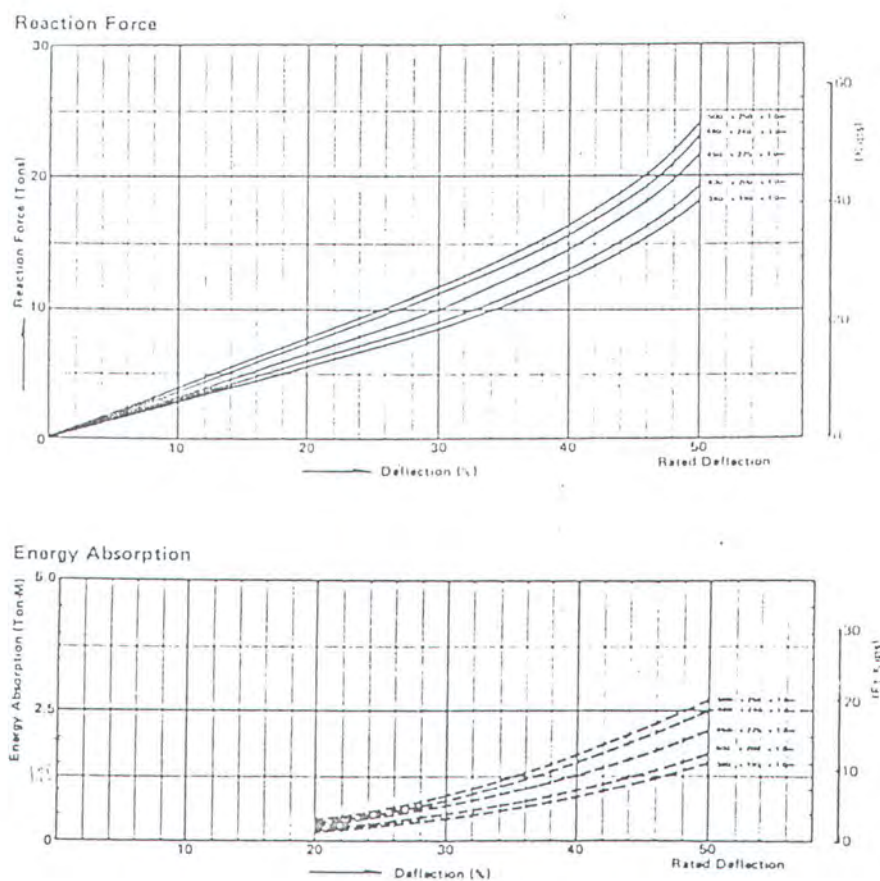
#### 1) Performance Table

Deflection	40%		45%		50%		* (70 %)	
Performance Size (mm)	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips
380 $\phi$ x 190 $\phi$	12.4	0.96	15.0	1.23	18.5	1.55	370	11.63
	27.3	7.0	33.1	8.9	40.8	11.2	815.9	84.1
400 $\phi$ x 200 $\phi$	13.1	1.07	15.8	1.37	19.5	1.72	390	12.90
	28.9	7.7	34.8	9.9	43.0	12.4	860.0	93.3
450 $\phi$ x 225 $\phi$	14.7	1.35	17.8	1.73	21.9	2.18	438	16.35
	32.4	9.8	39.2	12.5	48.3	15.8	965.8	118.3
480 $\phi$ x 240 $\phi$	15.8	1.54	19.1	1.95	23.5	2.50	470	18.75
	34.8	11.1	42.1	14.1	51.8	18.1	1036.4	135.7
500 $\phi$ x 250 $\phi$	16.4	1.70	19.8	2.20	24.4	2.70	484	20.25
	36.2	12.3	43.7	15.9	53.8	19.5	1067.2	146.5

R: Reaction force E: Energy absorption \* Figures at 70% deflection are for reference.

Tolerance:  $\pm 10\%$

#### 2) Performance Curve



## 2. PERFORMANCE

### 530 $\phi$ —800 $\phi$

#### (1) Performance Table

Deflection	40%		45%		50%		* (70 %)	
Performance Size (mm)	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips
530 $\phi$ x 265 $\phi$	17.3	1.87	21.0	2.40	25.8	3.02	516	22.65
	38.1	13.5	46.3	17.4	56.9	21.9	1137.8	163.9
600 $\phi$ x 300 $\phi$	19.6	2.41	23.8	3.09	29.2	3.88	584	29.10
	43.2	17.4	52.5	22.4	64.4	28.1	1287.7	210.5
700 $\phi$ x 350 $\phi$	22.9	3.28	27.7	4.21	34.1	5.29	682	39.68
	50.5	23.7	61.1	30.5	75.2	38.3	1503.8	287.1
800 $\phi$ x 400 $\phi$	26.2	4.28	31.7	5.50	39.0	6.91	780	51.83
	57.8	31.0	69.9	39.8	86.0	50.0	1719.9	375.0

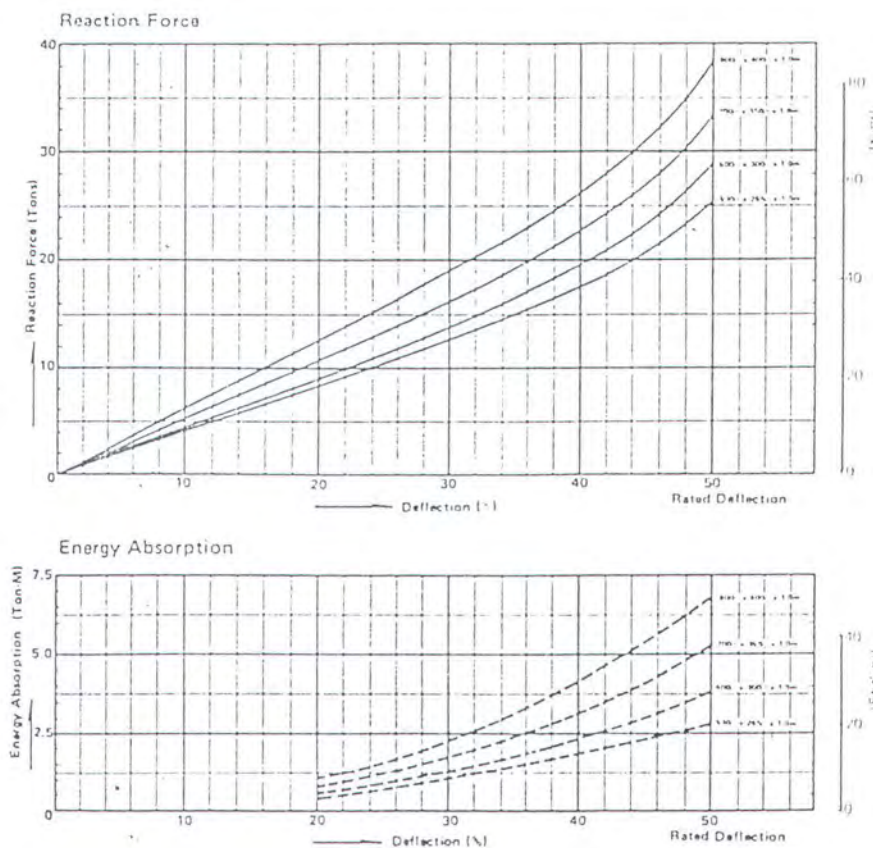
R: Reaction force

E: Energy absorption

\* Figures at 70% deflection are for reference

Tolerance:  $\pm 10\%$

#### (2) Performance Curve





RFORMANE

0 $\phi$ —1200 $\phi$ 

Performance Table

Deflection	40%		45%		50%		* (70%)	
Performance (mm)	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips
0 $\phi$ x 450 $\phi$	29.5 65.0	5.42 39.2	35.7 78.7	6.96 50.4	43.9 96.8	8.74 63.2	878 1936.0	65.55 474.3
0 $\phi$ x 500 $\phi$	32.8 72.3	6.70 48.5	39.7 87.5	8.60 62.2	48.8 107.6	10.80 78.1	976 2152.1	81.00 586.0
0 $\phi$ x 550 $\phi$	36.1 79.6	8.10 58.6	43.7 96.4	10.40 75.2	53.7 118.4	13.06 94.5	1074 2368.2	97.95 708.7
0 $\phi$ x 600 $\phi$	39.4 86.9	9.64 69.8	47.7 105.2	12.38 89.6	58.6 129.2	15.55 112.5	1172 2584.3	116.63 843.8

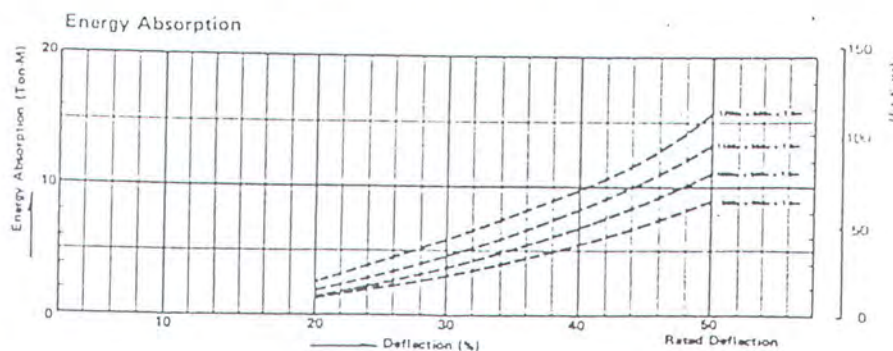
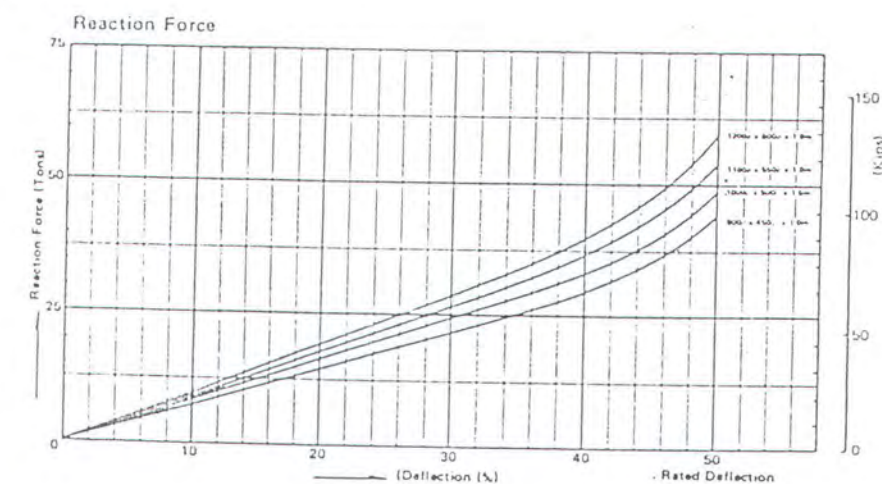
on force

E: Energy absorption.

\* Figures at 70% deflection are for reference.

Tolerance:  $\pm 10\%$ 

Performance Curve





# PERFORMANCE

## 700 $\phi$ —2000 $\phi$

Performance Table

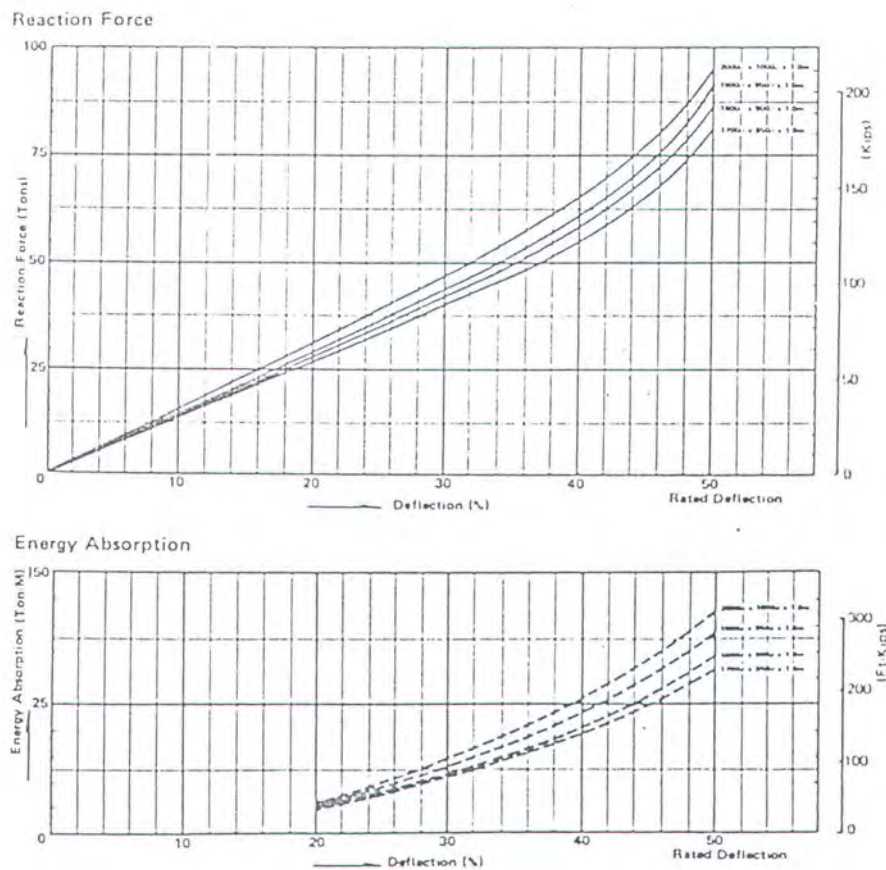
Deflection	40%		45%		50%		* (70%)	
Performance	R	E	R	E	R	E	R	E
Size (mm)	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips
1700 $\phi$ x 850 $\phi$	55.8 123.0	19.36 140.1	67.5 148.8	24.85 179.8	83.0 183.0	31.21 225.8	1660 3660.3	234.08 1693.6
1800 $\phi$ x 900 $\phi$	59.1 130.3	21.70 157.0	71.5 157.7	27.86 201.6	87.9 193.8	34.99 253.2	1758 3876.4	262.43 1898.7
1900 $\phi$ x 950 $\phi$	62.3 137.4	24.18 174.9	75.4 166.3	31.04 224.6	92.7 204.4	38.98 282.0	1854 4088.1	292.35 2115.2
2000 $\phi$ x 1000 $\phi$	65.6 144.6	26.80 191.9	79.4 175.1	34.40 248.9	97.6 215.2	43.20 312.6	1952 4304.2	324.00 2344.1

Reaction force E: Energy absorption

\* Figures at 70% deflection are for reference.

Tolerance:  $\pm 10\%$

### Performance Curve



# PERFORMANCE

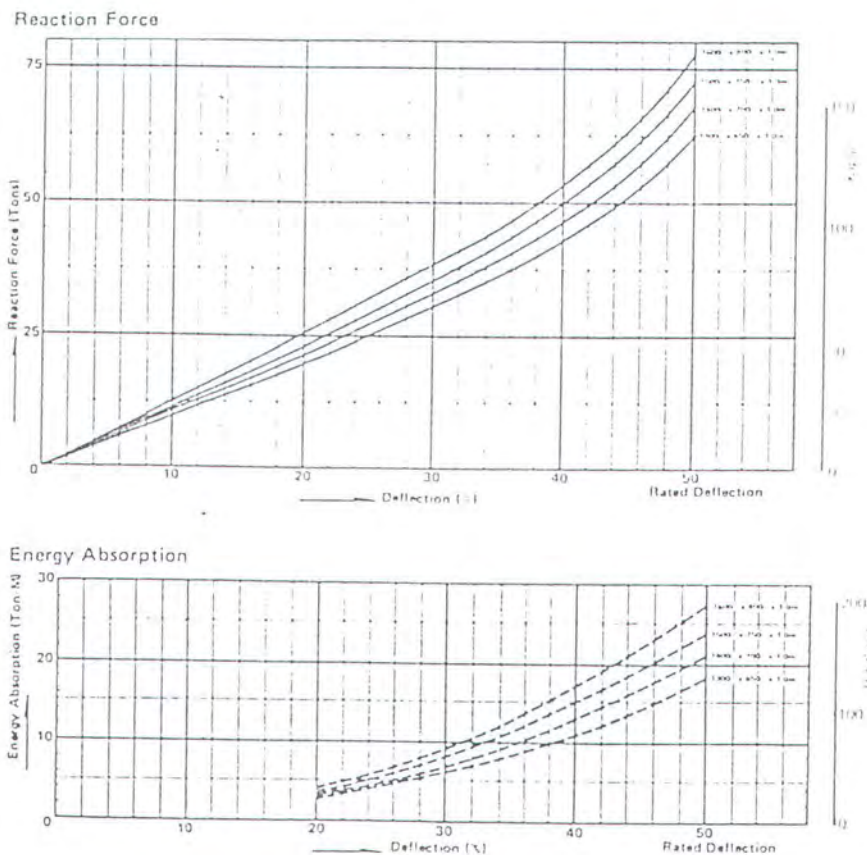
00φ—1600φ

Performance Table

Deflection	40%		45%		50%		* (70%)	
Performance mm	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips
300φ x 650φ	42.7 94.2	11.32 81.0	51.6 113.3	14.53 105.1	63.5 140.0	18.25 132.0	1270 2300.4	136.88 990.3
400φ x 700φ	45.9 101.2	13.13 95.0	55.6 122.6	16.85 121.0	68.3 150.6	21.16 153.1	1366 3012.0	158.70 1148.2
500φ x 750φ	49.2 108.5	15.07 109.0	59.6 131.4	19.35 140.0	73.2 161.4	24.30 175.8	1464 3228.1	182.25 1318.6
600φ x 800φ	52.5 115.8	17.15 124.1	63.5 140.0	22.01 159.2	78.1 172.2	27.64 200.0	1562 3444.2	207.30 1499.8

Reaction force    E: Energy absorption    \* Figures at 70% deflection are for reference.    Tolerance: ± 10%

Performance Curve



## LAMPIRAN F



Tanggal (Date)	Nomor Berita (No.)	Hal-hal yang khusus (Particulars)

## 33. SURABAYA (PELABUHAN)

07°2 S — 112°7 T

JANUARI 1995

Waktu: G.M.T. + 07.00

J T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J T
1	19	13	8	4	2*	2	5	8	12	15	18	18	18	16	14	13	13	14	17	21	24	27*	27	26	1
2	22	17	11	6	3	2*	3	5	9	13	17	18	19	18	16	14	13	13	15	19	22	25	27*	26	2
3	24	20	11	9	5	2*	2	4	7	11	15	18	19	19	17	15	14	13	14	16	20	23	25	26*	3
4	25*	22	17	12	8	4	3*	3	6	9	13	16	18	19	18	17	15	14	14	15	17	20	23	24	4
5	21*	23	19	15	11	7	5	1*	5	8	11	14	17	19	19	18	17	15	14	15	16	18	20	22	5
6	23*	22	20	17	13	10	7	6*	6	7	10	13	16	18	19	19	18	17	15	15	15	16	18	19	6
7	20*	20	19	18	15	12	10	8	7*	8	10	12	15	17	18	19	19	18	17	16	15	15	16	17	7
8	17	18	18	17	15	14	12	10	10	9*	10	12	14	16	17	19	19*	19	18	17	16	15	15	15	8
9	15	15	15	15	15	14	13	12	12	11*	11	12	13	15	17	18	19	20*	20	19	18	16	15	14	9
10	13	13	13*	13	13	13	14	13	13	13*	13	13	14	15	16	18	19	20	21*	20	19	18	16	14	10
11	12	11	10*	10	11	12	13	14	14	14	14	14	14	15	16	17	19	20	21	22*	21	20	17	15	11
12	12	10	9	8*	9	10	12	13	14	15	15	15	15	15	15	16	18	20	22	23*	23	21	19	16	12
13	13	10	8	7*	7	8	10	12	14	15	16	16	15	15	15	16	17	19	21	23	21*	23	21	18	13
14	11	11	7	6	5*	6	8	11	14	15	16	16	16	15	15	15	16	18	21	23	21	25*	23	20	14
15	16	12	8	5	4*	5	7	10	13	15	17	17	16	15	11	14	15	17	20	22	24	25*	25	22	15
16	18	14	9	6	4*	4	5	8	11	14	16	17	17	16	15	14	14	15	18	21	24	25	26*	24	16
17	21	16	11	7	4	3*	4	7	10	14	16	18	18	17	15	14	13	14	16	19	22	25	26*	25	17
18	23	19	14	9	6	4*	4	6	9	13	16	18	18	18	16	14	13	13	14	17	20	23	25*	25	18
19	24*	20	16	11	7	5	4*	5	8	12	15	18	19	19	17	15	13	12	13	14	17	20	23	24*	19
20	24*	22	18	14	10	7	5*	5	7	11	14	17	19	19	19	17	15	13	12	13	15	17	20	22	20
21	23*	22	19	16	12	9	7	6*	7	10	13	16	19	20	20	18	16	14	13	13	13	15	17	19	21
22	20*	20	19	17	14	11	9	8*	8	9	12	15	18	20	20*	20	18	17	15	13	13	13	14	16	22
23	17	18	18	17	15	13	11	10	9*	10	11	14	16	19	20	21*	20	19	17	15	14	13	13	13	23
24	14	15	15	16	15	14	13	12	11*	11	12	13	15	17	19	20	21*	21	20	18	16	14	13	12	24
25	11*	12	12	13	14	14	14	14	13	13	12	13	14	16	17	19	21	22*	22	21	19	17	14	12	25
26	10	9*	9	10	11	13	14	15	15	15	14	14	14	14	16	18	20	22	23*	23	22	20	16	13	26
27	10	8	7*	7	8	11	13	15	16	16	16	15	14	14	14	16	18	21	23	24*	24	23	20	16	27
28	12	8	5*	5	6	8	11	14	16	18	18	17	15	14	13	14	16	18	22	24	25*	25	23	19	28
29	14	10	6	4	3*	5	8	12	15	18	19	18	17	15	13	13	14	16	19	23	25	26*	25	2*	29
30	18	12	7	4	2*	3	6	10	14	17	19	19	18	16	14	12	12	14	17	20	24	26*	26	24	30
31	21	16	10	6	3	2*	4	7	12	16	19	20	20	18	15	13	12	12	14	18	21	24	26*	26	31

## PEBRUARI 1995

J T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J T
1	23	18	13	8	4	3*	3	6	10	14	18	20	20	19	17	14	12	12	13	15	19	22	24	25*	1
2	24*	21	16	11	7	4*	4	5	8	12	16	19	20	20	18	16	13	12	12	13	16	19	22	24*	2
3	23*	21	18	14	10	7	5*	6	8	11	15	18	20	20	19	17	15	13	12	12	14	17	19	21	3
4	22*	21	19	16	12	9	7*	7	8	11	14	17	19	20	19	18	16	14	13	12	13	15	17	18	4
5	19	19	18	16	11	11	10	9*	9	11	13	16	18	19	20*	19	17	16	11	13	13	11	15	16	5
6	17	17	17	16	11	13	11	11*	11	12	14	16	17	19	19*	19	18	17	16	15	14	13	14	11	6
7	14	15	15	11	14	13	13	12	12*	13	14	16	17	18	19	19*	19	18	17	16	15	11	13	13	7
8	13	12	12*	12	13	13	13	13	14	14	15	16	17	17	18	19	19	19*	19	18	17	16	14	13	8
9	11	11	10*	10	11	12	13	14	15	15	16	16	16	17	18	18	19	20	20*	20	19	17	15	13	9
10	11	9	9	8*	9	10	12	14	15	16	16	16	16	16	17	17	19	20	21	21*	21	19	17	14	10
11	12	9	7	7*	7	9	11	13	15	16	17	17	16	16	16	16	18	19	21	22*	22	21	19	16	11
12	13	9	7	6*	6	8	10	13	15	17	17	17	16	15	15	15	16	18	20	22	23*	23	22	18	12
13	15	11	7	5*	5	6	9	12	15	17	18	18	17	15	14	13	14	16	19	22	24*	24	23	21	13
14	17	12	8	6	4*	5	8	11	14	17	19	19	17	15	13	12	12	14	17	20	23	25*	25	23	14
15	19	15	10	6	4*	5	7	10	14	17	19	20	19	16	14	12	11	12	14	18	21	24	25*	24	15
16	21	17	12	8	5*	5	6	9	13	17	19	21	20	18	15	12	10	10	12	15	18	22	24*	24	16
17	23*	19	15	10	7	5*	6	8	12	16	19	21	21	19	17	13	11	10	10	12	16	19	22	23*	17
18	23*	20	17	12	9	7	6*	8	11	15	18	21	22	21	19	15	12	10	9	10	13	16	19	21	18
19	22*	21	18	15	11	8	7*	8	10	13	17	20	22*	22	20	18	15	12	10	10	11	13	16	18	19
20	19	20	18	16	13	11	9*	9	10	13	16	19	21	22*	21	20	17	14	12	11	10	11	13	15	20
21	16	17	17	16	14	13	11	11*	11	12	15	17	19	21	22*	21	19	17	15	13	11	11*	11	12	21
22	13	14	15	15	14	13	13	12	13	14	16	18	19	21	21*	21	19	18	16	14	12	11	10*	10	22
23	10*	11	12	13	14	14	14	14	14	14	15	15	16	17	19	20	21*	21	20	19	17	14	12	10*	23
24	9	9*	9	10	12	13	15	16	16	16	16	15	15	16	17	18	20	21	22*	21	20	18	15	11	24
25	9	7	7*	7	9	12	14	16	17	18	17	16	15	14	15	16	18	20	22	23*	22	21	18	14	25
26	10	7	5*	5	7	9	13	16	18	19	19	17	16	14	13	14	15	18	21	23	24*	23	21	17	26
27	13	8	5	4*	5	7	11	14	18	20	20	19	17	14	13	12	13	15	18	22	24	25*	23	20	27
28	16	11	7	4*	4	5	8	13	17	20	21	20	18	16	13	11	11	13	16	19	23	25*	25	23	28



## 33. SURABAYA (PELABUHAN)

07°2 S — 112°7 T

M A R E T 1995

Waktu: G.M.T. + 07.00

J T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J T
1	19	14	9	6	4*	4	7	11	15	19	21	21	20	17	14	11	10	11	13	16	20	23	24*	24	1
2	21	17	12	8	5*	5	6	10	14	18	21	22	21	18	15	12	10	9	11	14	17	21	23	24*	2
3	22*	19	15	10	7	6*	7	9	13	17	20	22*	21	20	17	13	11	9	10	12	15	18	21	22*	3
4	22*	20	16	13	10	8*	8	9	12	16	19	21	22*	20	18	15	12	10	9	10	13	15	18	20	4
5	20	19	17	14	12	10	9*	10	12	15	18	20	21*	21	19	16	14	11	10	10	11	13	16	17	5
6	18	18	17	15	13	11	11*	11	13	15	18	20	21*	21	20	18	15	13	11	11	11	12	13	15	6
7	16	16	16	15	14	13	12	13	14	15	17	19	20	21*	20	19	17	15	13	12	11	12	12	13	7
8	14	14	14	14	13	13	13	14	15	16	17	19	20	20*	20	19	18	16	15	14	13	12	12*	12	8
9	12	12	12	12	13	13	14	14	15	16	17	18	19	19	19*	19	19	18	17	16	14	13	12	11*	9
10	11	10*	10	11	12	13	14	15	16	17	17	18	18	18	18	19	19*	19	18	18	16	15	13	11	10
11	10	9	9*	9	10	12	14	15	17	17	17	17	17	17	18	18	19	19*	19	19	17	15	12		11
12	10	8	8*	8	9	11	13	16	17	18	18	17	16	16	15	16	17	18	20	21*	21	19	17	14	12
13	11	9	7*	7	8	10	13	16	18	19	19	17	16	15	14	14	15	17	19	21	22*	21	19	16	13
14	13	9	7	6*	7	9	12	15	18	20	20	18	16	14	12	12	13	15	18	20	22	23*	21	19	14
15	15	11	8	6*	6	8	11	15	18	20	21	20	17	14	12	10	10	12	15	19	22	23*	23	21	15
16	17	13	9	6*	6	7	10	14	18	21	22	21	19	15	12	9	9	10	12	16	20	22	23*	22	16
17	19	15	11	8	6*	7	9	13	17	21	23*	23	21	17	13	10	8	8	10	13	17	20	22	23*	17
18	21	17	13	9	7*	7	9	12	16	20	23	24*	22	19	15	11	8	7*	8	10	14	18	20	22	18
19	21	19	15	12	9	8	9	11	15	19	22	24*	24	21	18	13	10	7*	7	8	11	14	18	20	19
20	20	19	17	14	11	9	9	11	14	18	21	23	24*	23	20	16	12	9	7*	7	9	11	14	17	20
21	18	18	17	15	13	11	11	11	13	16	19	22	23*	23	21	19	15	12	9	8*	8	9	11	14	21
22	15	16	16	16	14	13	12	13	14	16	18	20	22	22*	22	20	18	15	12	10	9*	9	10	11	22
23	12	14	15	15	15	14	14	15	15	17	18	20	21	21*	21	20	18	16	13	11	10	9*	9		23
24	10	11	12	13	15	15	16	16	16	16	17	18	19	20*	20	19	18	17	14	12	10	9*			24
25	8*	8	9	11	13	15	17	18	18	18	17	16	16	16	17	18	19	20*	20	19	18	15	12	10	25
26	8	7*	7	9	11	14	16	18	19	19	18	17	15	14	14	15	17	19	20	21*	20	18	15	12	26
27	9	7	6*	7	9	12	16	18	20	21	20	18	15	13	12	13	14	17	19	21	22*	21	19	15	27
28	11	8	6	5*	7	10	14	18	21	22*	21	19	16	13	11	11	12	14	17	20	22*	22	21	18	28
29	14	10	7	5*	6	9	12	17	20	22*	22	21	18	14	11	9	9	11	14	18	21	22*	22	20	29
30	17	13	9	7	6*	8	11	15	19	22	23*	22	19	15	12	9	8	9	11	15	19	21	22	21	30
31	19	15	11	8	7*	8	11	14	18	22	23*	23	21	17	13	10	8	7*	9	12	16	19	21	21	31

## A P R I L 1995

J T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J T
1	20	17	13	10	9	9	11	14	17	21	23*	23	22	19	15	11	8	7*	8	10	13	16	19	20	1
2	20	18	15	12	10	10	11	14	17	20	22	23*	22	20	16	13	9	7*	7	8	11	14	17	18	2
3	18	18	16	14	12	11	12	14	17	20	22	23*	23	21	18	14	11	9	8*	8	10	12	14	16	3
4	17	17	16	14	13	13	13	14	17	19	21	23*	23	21	19	16	13	10	9	8*	9	10	12	14	4
5	15	15	15	14	14	13	14	15	17	19	21	22	22*	22	20	17	15	12	10	9*	9	10	11	12	5
6	13	14	14	14	14	14	15	15	17	18	20	21	21*	21	20	18	16	14	12	11	10	10	11		6
7	11	12	13	13	14	14	15	16	17	18	19	20	20*	20	20	19	18	16	15	13	12	11	10*	10	7
8	10*	10	11	12	13	14	16	17	17	18	18	19	19*	19	19	18	18	17	16	15	14	12	11	10*	8
9	9*	9	10	11	13	14	16	17	18	18*	18	18	17	17	17	17	18	18*	18	17	16	14	12	11	9
10	9	8*	9	10	12	14	16	18	19*	19	18	17	16	15	15	15	16	18	18	19*	18	17	14	12	10
11	10	8*	8	9	11	14	17	19	20*	20	19	17	15	13	13	13	14	16	18	19	20*	19	17	14	11
12	11	9	8*	8	10	13	16	19	21*	21	20	18	15	12	11	10	11	14	16	19	20	20	19	16	12
13	13	10	8*	8	9	12	16	19	22	23*	22	19	16	12	10	8*	9	11	14	17	20	21	20	18	13
14	15	11	9	8	8	11	15	19	22	24*	24	22	18	14	10	7*	7	8	11	15	18	20	21	20	14
15	17	13	10	8	8	10	14	18	22	24	25*	24	20	16	11	7	5*	6	8	11	15	19	20	20	15
16	19	16	12	10	9	10	13	16	21	24	26*	25	23	18	13	9	6	5*	6	8	12	16	19	20	16
17	19	17	14	12	10	10	12	15	19	23	25	26*	24	21	16	11	7	5*	5	6	9	13	16	18	17
18	19	18	16	14	12	11	12	14	18	21	24	25*	25	23	19	14	10	7	5*	5	7	10	13	15	18
19	17	17	17	15	14	13	13	14	16	19	22	24	25*	23	21	17	13	10	7	6*	6	8	10	13	19
20	15	16	16	16	15	14	14	15	16	18	20	22	23*	23	22	19	16	13	10	8	7*	7	8	10	20
21	12	14	15	16	16	16	16	16	17	18	20	21	21*	21	20	18	16	13	11	9	8	7*	8		21
22	9	11	13	15	16	17	18	18	17	17	17	18	18	19	19*	19	19	18	16	14	12	10	8*	8	22
23	8*	9	11	13	15	17	19	19*	19	18	17	16	16	16	17	17	18	18	18	17	15	13	10	8*	23
24	7*	7	9	11	14	17	19	20	21*	20	18	16	15	14	14	15	16	18	19	19	18	16	13	10	24
25	8	7*	8	9	12	16	19	21	22*	21	20	17	14	12	12	12	13	16	18	19	19	18	16	13	25
26	10	8	7*	8	11	14	18	21	23*	23	21	18	15	12	10	10	11	13	16	18	20	20	18	16	26
27	13	10	8*	8	10	13	17	20	23	24*	23	20	16	12	9	8*	8	10	13	16	19	20	19	18	27
28	15	12	10	9	10	12	16	19	23	24*	24	22	18	14	10	7*	7	8	10	13	17	19	20	19	28
29	17	14	11	10	10	12	15	19	22	24*	24	23	20	15	11	8	6*	6	8	11	14	17	19	19	29
30	18	15	13	11	11	12	15	18	21	24	25*	24	21	17	13	9	6	5*	6	9	12	15	17	18	30



## 33. SURABAYA (PELABUHAN)

07°2 S — 112°7 T

M E I 1995

Waktu : G.M.T. + 07.00

J T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J T
1	18	16	14	13	12	13	15	18	21	23	25*	24	22	19	15	10	7	5*	5	7	10	12	15	17	1
2	17	16	15	14	13	13	15	17	20	23	24	25*	23	20	17	12	9	7	6*	6	8	10	13	15	2
3	16	16	15	14	14	14	15	17	19	22	24*	24	23	21	18	14	11	8	7	6*	7	9	11	13	3
4	14	15	15	15	14	15	15	17	19	21	23	23*	23	22	19	16	13	10	8	7*	7	8	10	11	4
5	13	14	15	15	15	15	16	17	18	20	21	22	22*	22	20	18	15	12	10	9	8*	8	9	10	5
6	12	13	14	15	15	16	16	17	18	19	20	20	21*	21	20	18	17	14	12	11	9	9*	9	9	6
7	10	12	13	14	16	16	17	17	18	18	18	19	19*	19	19	18	17	16	14	13	11	10	9*	9	7
8	10	11	12	14	16	17	18	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	16	15	13	12	10	9*	8
9	9*	10	11	13	15	18	19	20*	20	19	17	16	15	14	14	15	16	17	17	17	16	14	12	10	9
10	9*	9	10	12	15	18	20	21*	21	20	18	16	14	12	12	12	13	15	17	18	17	16	14	12	10
11	10	9*	10	11	14	17	20	22	23*	22	20	17	13	11	9*	9	11	13	15	17	18	18	16	14	11
12	12	10	9	10	13	16	20	23	24*	24	22	19	14	11	8	7*	8	10	13	16	18	19	18	16	12
13	13	11	10	10	12	15	19	23	25	26*	24	21	17	12	8	6	5*	7	10	13	16	18	19	18	13
14	15	13	11	10	11	14	17	22	25	27*	26	24	19	14	9	6	4*	4	7	10	14	17	19	19	14
15	17	15	12	11	11	13	16	20	24	26	27*	26	22	17	12	7	4	3*	4	7	11	11	17	18	15
16	18	16	14	12	12	12	15	18	22	25	27*	27	24	20	15	10	6	3*	3	5	8	11	15	17	16
17	18	17	16	14	13	13	14	17	20	23	26*	26	25	22	18	13	9	5	3*	4	6	9	12	15	17
18	17	17	16	15	14	14	16	18	21	23	25*	25	23	20	16	12	8	5	4*	5	7	9	12	18	18
19	15	17	17	17	16	16	15	16	17	19	21	23	23*	23	21	18	15	11	8	6	5*	6	8	10	19
20	13	15	16	17	17	17	17	17	17	18	19	20	21	21*	21	19	17	14	11	9	7	6*	7	8	20
21	10	13	15	17	18	18	18	18	17	17	17	18	18	19	19*	19	18	16	14	12	10	8	7*	8	21
22	9	11	13	16	18	19	20*	20	19	18	17	16	16	16	16	17	17	17	16	15	13	11	9	8*	22
23	8*	10	12	14	17	19	21*	21	20	19	17	15	14	13	14	14	15	16	17	16	15	13	12	10	23
24	9*	9	10	13	16	19	21	22*	22	21	18	16	13	12	11	11	13	14	16	17	17	16	14	12	24
25	10	10	10	12	15	18	21	23*	23	22	20	17	14	11	9*	9	10	12	14	16	17	17	16	14	25
26	12	11	10	11	14	17	20	23	24*	24	22	19	15	11	8	7*	8	9	12	14	16	17	17	16	26
27	14	12	11	12	13	16	19	22	24	25*	23	20	16	12	9	6*	6	7	9	12	15	17	17	17	27
28	15	14	13	12	13	15	18	22	24	25*	25	22	18	14	10	6	5*	5	7	10	13	15	17	17	28
29	16	15	14	13	13	15	18	21	24	25*	25	24	20	16	11	7	5	4*	5	8	11	14	16	17	29
30	17	16	15	14	14	15	17	20	23	25	26*	25	22	18	13	9	6	4*	4	6	9	12	14	16	30
31	16	16	15	14	14	15	17	19	22	24	25*	25	23	20	15	11	7	5	4*	5	7	10	13	15	31

## J U N I 1995

J T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J T
1	16	16	16	15	14	15	16	18	21	23	25*	25	24	21	17	13	9	6	5*	5	6	9	11	14	1
2	15	16	16	15	15	15	16	17	19	22	23	24*	24	22	19	15	12	8	6	6*	6	8	10	12	2
3	14	16	16	16	16	15	16	17	18	20	21	23*	23	22	20	17	14	11	8	7	7*	7	9	11	3
4	13	15	16	16	16	16	16	16	17	18	19	20	21*	21	20	18	15	13	10	8	8*	8	9	10	4
5	12	14	16	17	17	17	17	17	17	17	17	18	19	19*	19	18	16	15	12	11	9	9*	9	10	5
6	11	13	15	17	18	19	19	18	17	17	16	16	16	16	17	17	16	16	14	13	11	10	9*	10	6
7	11	12	14	17	19	20	20*	20	19	17	16	14	14	14	14	15	15	16	15	15	13	12	11	10*	7
8	10*	11	13	16	18	20	22*	22	21	19	17	14	12	11	11	12	13	14	15	16	15	14	13	11	8
9	11	11	12	15	18	20	23	24*	23	21	18	15	12	10	8*	9	10	12	14	16	16	16	15	13	9
10	12	11	11	13	16	19	22	25*	25	24	21	17	13	9	7	6*	7	9	12	14	16	17	16	15	10
11	13	12	11	12	15	18	22	25	26*	26	24	20	15	11	7	5	4*	6	9	12	15	17	18	17	11
12	15	13	12	12	13	16	20	23	26	27*	26	23	18	13	8	4	3*	3	6	9	13	16	18	18	12
13	17	15	13	12	13	15	18	22	25	27*	27	25	21	16	11	6	3	2*	3	6	10	14	17	18	13
14	18	17	15	13	13	14	16	19	23	26	27*	27	24	19	14	9	4	2*	2	4	7	11	15	17	14
15	18	18	16	15	13	13	15	17	21	24	26	27*	25	22	17	12	7	4	2*	3	5	9	13	16	15
16	18	18	18	16	15	14	14	16	18	21	24	25*	25	23	20	15	10	7	4	3*	4	7	10	14	16
17	16	18	18	18	17	15	15	15	17	19	21	23	24*	23	21	17	14	10	7	5*	5	6	9	12	17
18	15	17	18	18	18	17	16	16	16	17	18	20	21*	21	20	19	16	13	10	7	6*	6	8	10	18
19	13	15	17	19*	19	18	18	17	16	16	17	17	18	19*	19	18	17	15	12	10	9	8*	8	9	19
20	11	14	16	18	19	20*	19	18	17	16	16	15	16	16	16	16	16	15	14	13	11	10	10*	10	20
21	11*	13	15	17	19	20	20*	20	19	17	16	14	14	13	13	14	15	15	15	14	13	12	11*	11	21
22	11*	12	14	16	18	20	21	21*	21	19	17	14	13	11	11*	11	12	13	14	15	15	14	13	12	22
23	12	12	13	15	17	20	22	22*	22	21	18	15	13	10	9*	9	10	11	13	14	15	16	15	14	23
24	13	13	13	15	17	19	21	23*	23	22	20	17	13	10	8	7*	7	9	11	13	15	16	16	15	24
25	14	14	14	14	16	18	21	23	24*	24	22	19	15	11	8	6	5*	6	9	11	14	16	16	16	25
26	16	15	14	14	15	18	20	23	25*	25	24	21	17	13	9	6	4*	5	7	9	12	15	16	17	26
27	16	15	14	14	15	17	19	22	24	26*	25	23	19	15	10	6	4*	4	5	8	11	14	16	17	27
28	17	16	15	14	14	16	18	21	24	25	26*	24	21	17	12	8	5	4*	4	6	9	12	15	16	28
29	17	16	15	14	14	15	17	20	22	25	26*	25	23	19	14	10	6	4*	4	5	8	11	14	16	29
30	17	17	16	15	14	14	16	18	21	23	25*	25	24	21	16	12	8	5	4*	5	7	10	13	15	30



## 33. SURABAYA (PELABUHAN)

07°25' S — 112°07' T

JULI 1995

Waktu: G.M.T. + 07.00

T	J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T
	1	17	17	17	15	14	14	15	16	19	21	23	24*	24	22	18	14	10	7	5*	5	6	9	12	15		1
	2	17	18	17	16	15	14	14	15	17	19	21	23*	23	22	19	16	12	9	7	6*	7	8	11	14		2
	3	16	18	18	18	17	15	15	15	15	17	19	20	21*	21	20	17	14	11	9	7*	7	8	10	13		3
	4	15	17	19*	19	18	17	16	15	15	15	16	18	19	19*	19	17	15	13	11	9	8*	9	10	12		4
	5	14	17	18	19	19*	19	18	16	15	15	15	15	16	16	17	16	16	14	13	11	10	10*	10	12		5
	6	13	16	18	19	20	20*	20	18	17	15	14	13	13	13	14	14	15	15	14	13	12	11	11*	11		6
	7	13	14	16	19	21	22*	22	21	19	17	15	13	11	10*	11	11	13	14	14	14	14	14	13	12		7
	8	12	13	15	17	20	22	23*	23	22	20	17	13	11	9	8*	8	10	12	13	15	15	15	14	13		8
	9	13	13	14	16	18	21	23	25*	24	23	20	16	12	8	6*	6	7	9	11	14	16	17	16	15		9
	10	14	13	13	14	16	19	22	25	26*	25	23	19	14	9	6	4*	4	6	9	12	15	17	18	17		10
	11	15	14	13	13	14	17	21	24	26	27*	25	22	17	12	7	4	2*	3	6	10	13	16	18	18		11
	12	17	15	13	12	13	15	18	22	25	27*	27	25	20	15	10	5	2*	2	4	7	11	15	18	19		12
	13	19	17	15	13	12	13	15	19	23	26	27*	26	23	18	13	8	4	2*	2	5	9	13	17	19		13
	14	19	18	16	14	13	13	14	17	20	24	26*	26	25	21	16	11	6	3	2*	1	7	11	15	18		14
	15	19	19	18	16	14	13	13	15	18	21	23	25*	25	22	19	14	9	6	4*	4	6	9	13	16		15
	16	19	20	19	17	15	14	13	14	16	18	21	23*	23	22	20	16	12	9	6	5*	6	8	11	15		16
	17	17	19	19	19	17	15	14	14	14	16	18	20	21*	21	20	17	14	11	9	7*	7	8	11	13		17
	18	16	18	19*	19	18	17	16	15	14	15	16	17	18	18	18	17	15	13	11	10	9*	9	11	13		18
	19	15	17	19	19*	19	18	17	16	15	14	14	15	15	16	16	16	15	14	13	12	11	11	12	13		19
	20	14	16	18	19	20*	20	19	18	17	15	14	13	13	13*	13	13	14	14	14	13	13	13*	13	13		20
	21	14	15	17	18	19	20	20*	20	18	17	15	13	12	11	11*	11	12	12	13	14	14	14	14	14		21
	22	14	15	16	17	19	20	21*	21	20	19	16	14	12	10	9	9*	9	11	12	14	15	15	15	15		22
	23	15	15	16	17	18	20	21	22*	22	21	18	15	12	10	8	7*	7	9	11	13	15	16	16	16		23
	24	16	15	15	16	17	19	21	23*	23	22	20	17	14	10	7	6*	6	7	9	12	14	16	17	17		24
	25	16	15	15	15	16	18	21	23	24*	24	22	19	16	11	8	5	5*	5	7	10	13	16	17	17		25
	26	17	15	15	14	15	17	19	22	24	25*	24	21	18	13	9	6	4*	4	6	9	12	15	17	18		26
	27	17	16	14	14	14	15	18	21	23	25*	25	23	20	15	11	7	4*	4	5	8	11	15	17	18		27
	28	18	16	15	13	13	14	16	19	22	24	25*	24	22	18	13	8	5	4*	5	7	10	14	17	18		28
	29	18	17	15	14	12	13	14	17	20	23	25*	25	23	19	15	11	7	5*	5	6	9	13	16	18		29
	30	19	18	17	14	13	12	13	15	18	21	23	24*	23	21	17	13	9	6	5*	6	9	12	16	18		30
	31	20	19	18	16	14	12	12	13	15	18	21	22	23*	21	18	15	11	8	6*	7	8	11	15	18		31

## AGUSTUS 1995

J T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J T
1	20	20	19	17	15	13	12	12	13	15	18	20	21*	20	19	16	13	10	8*	8	9	11	14	17	1
2	19	20*	20	19	17	15	13	12	12	13	15	17	18	19	18	16	14	12	10	9*	9	11	13	15	2
3	18	20	21*	20	19	17	15	14	13	13	13	14	15	16	16	18	15	13	12	11	11*	11	12	14	3
4	17	19	20	21*	21	20	18	16	14	13	12	12*	12	13	13	14	14	14	14	13	13	12	13	14	4
5	15	17	19	20	21	21*	21	19	17	15	13	11	10	10*	10	11	12	13	14	14	14	14	14	14	5
6	14	15	17	19	20	22	22*	22	20	18	15	12	10	8	8*	8	10	12	14	15	16	16	15	15	6
7	14	14	15	17	19	21	23	24*	23	21	18	14	10	7	6*	6	7	9	12	15	17	17	17	16	7
8	15	14	13	14	16	19	22	24	25*	24	21	17	13	8	5	4*	4	7	10	13	17	18	19	18	8
9	16	14	13	13	14	17	20	23	25	26*	24	21	16	11	6	4	3*	4	7	11	15	18	20	19	9
10	18	15	13	12	12	14	17	21	24	26*	26	23	19	14	9	5	3*	3	5	9	14	17	20	20	10
11	19	17	14	12	11	12	15	18	22	25	26*	25	22	17	12	7	4	3*	4	7	12	16	19	21	11
12	20	18	16	13	11	11	12	15	19	23	25*	25	23	20	15	10	6	4*	4	6	10	14	18	20	12
13	21	20	17	14	12	11	11	13	16	20	23	24*	23	21	17	13	9	6	5*	6	9	13	17	20	13
14	21	20	19	16	13	11	11	12	14	17	20	22*	22	21	18	15	11	8	7*	7	9	12	15	18	14
15	20	21*	20	17	15	13	11	11	12	15	17	19	20	20	18	16	13	11	9*	9	10	12	15	17	15
16	19	20*	20	19	17	15	13	12	12	13	15	16	17	18	17	16	14	12	11	11*	11	12	14	17	16
17	18	20*	20	19	18	16	15	13	13	13	13	14	15	15	15	15	14	13	13	12	13	13	15	16	17
18	18	19	19*	19	18	16	15	14	13	13	12*	12	13	13	13	13	13	13	13	14	14	15	15	16	18
19	17	18	19	19*	19	18	17	16	15	13	12	11	11*	11	11	11	12	12	13	14	15	16	16	16	19
20	17	17	18	18	19	19*	19	18	16	14	12	11	9	9*	9	10	11	13	14	16	16	17	17	17	20
21	17	17	17	17	18	19	20	20*	20	18	16	14	11	9	8	7*	8	10	12	14	16	17	17	17	21
22	16	16	16	16	17	19	20	21*	21	20	18	15	12	9	7	6*	7	8	11	14	16	17	18	17	22
23	16	15	15	15	16	18	20	22	23*	22	20	17	14	10	7	6*	6	7	10	13	16	18	18	18	23
24	17	15	14	13	14	16	19	21	23*	23	22	20	16	12	8	6	5*	6	9	12	15	18	19	19	24
25	17	15	13	12	12	14	17	20	22	24*	24	22	18	14	9	6	5*	6	8	11	15	18	20	20	25
26	18	16	13	11	11	12	14	18	21	23	24*	23	20	16	11	8	6	5*	7	10	14	18	20	21	26
27	20	17	14	11	10	10	12	15	19	22	24*	23	21	18	13	9	7	6*	7	10	14	17	20	22	27
28	21	19	16	12	10	9	10	13	16	19	22	23*	22	19	15	11	8	7*	7	9	13	16	20	22	28
29	22*	20	17	14	11	9	9	10	13	17	20	21	21	20	17	13	10	8*	8	9	12	15	19	21	29
30	22*	22	19	16	13	10	9*	9	11	14	17	19	20	19	18	15	12	10	9*	9	11	14	18	20	30
31	22*	22	21	18	15	13	10	10*	10	11	14	16	17	18	17	16	14	12	11	11	12	14	16	19	31



## 33. SURABAYA (PELABUHAN)

07°2 S — 112°7 T

SEPTEMBER 1995

Waktu: G.M.T. + 07.00

J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J
T																									T
1	21	22	22	20	18	15	13	11	10	10	11	13	14	15	16	15	15	13	13	12	13	14	15	17	1
2	19	21	21	21	20	18	16	14	12	11	10	11	11	12	13	14	14	14	14	14	14	14	15	16	2
3	17	19	20	21	21	20	19	17	15	13	11	10	9	9	10	12	13	14	15	16	16	16	15	15	3
4	16	17	18	19	20	21	21	20	18	16	13	10	8	7	8	9	11	13	15	17	18	17	17	16	4
5	15	15	15	17	18	20	22	22	21	19	15	12	9	7	6	6	8	11	14	17	19	19	18	17	5
6	15	14	13	14	16	18	21	23	23	22	19	15	11	8	5	5	6	9	13	16	19	20	20	18	6
7	16	14	12	12	13	16	19	22	24	24	22	19	14	10	6	4	4	7	11	15	18	21	21	20	7
8	18	14	12	10	11	13	16	20	23	24	24	21	17	12	8	5	4	5	9	13	17	21	22	22	8
9	19	16	12	10	9	10	13	17	21	23	24	23	20	15	11	7	5	5	8	11	16	20	22	22	9
10	21	18	14	11	9	9	11	14	18	21	23	23	21	18	13	9	7	6	7	10	15	19	21	23	10
11	22	19	16	12	9	8	9	11	15	18	21	22	22	19	16	12	9	7	8	10	14	17	21	22	11
12	22	20	17	14	11	9	8	10	12	16	18	20	21	19	17	14	11	9	9	11	13	17	20	22	12
13	22	21	19	16	12	10	9	9	11	13	16	18	19	18	17	15	13	11	11	12	14	16	19	21	13
14	22	21	20	17	14	12	10	9	10	11	13	15	16	17	16	15	14	13	12	13	14	16	18	20	14
15	21	21	20	18	16	14	12	11	10	11	12	13	14	14	14	14	14	14	14	14	15	16	18	19	15
16	20	20	20	19	17	16	14	13	12	11	11	11	12	12	13	13	13	14	14	15	16	17	18	19	16
17	19	20	19	19	18	17	16	15	13	12	11	11	10	10	11	11	12	13	15	16	17	17	18	18	17
18	18	18	18	18	18	17	17	15	14	12	11	10	9	9	10	11	13	15	16	17	18	18	18	18	18
19	17	17	17	17	18	18	19	18	17	16	14	12	10	8	8	9	10	12	14	16	18	18	18	17	19
20	17	16	16	16	17	18	19	20	19	18	16	13	11	8	7	8	9	11	14	16	18	19	19	18	20
21	16	15	14	14	15	17	19	20	21	20	18	15	12	9	7	7	8	10	13	16	19	20	20	18	21
22	16	14	12	12	13	15	18	20	21	21	20	17	14	10	8	7	7	10	13	16	19	21	21	19	22
23	17	14	11	10	11	13	15	19	21	22	22	19	16	12	9	7	7	9	12	16	19	22	22	21	23
24	18	14	11	9	9	10	13	16	20	22	22	21	18	14	10	8	7	8	11	15	19	22	23	22	24
25	20	16	12	9	7	8	10	14	17	20	22	22	19	16	12	9	8	8	10	14	18	22	24	24	25
26	22	18	14	10	7	6	8	11	14	18	20	21	20	17	14	11	9	8	10	13	17	21	24	24	26
27	23	20	16	12	8	6	6	8	11	15	18	20	20	18	16	13	10	9	10	12	16	20	23	24	27
28	24	22	19	14	11	8	6	7	9	12	15	17	19	18	17	14	12	11	11	12	15	18	21	23	28
29	24	23	21	17	13	10	8	7	8	10	12	14	16	17	17	15	14	13	12	13	14	17	19	22	29
30	23	23	22	19	16	13	10	9	8	8	10	12	13	15	15	15	15	14	14	14	15	16	18	19	30

## OKTOBER 1995

T	J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T
1	21	22	22	20	19	16	14	11	10	9	9	9	11	12	13	15	15	16	16	16	16	16	16	17	18	1	1
2	19	19	20	20	20	18	17	15	12	10	9	8	8	9	11	13	14	16	17	18	17	17	17	17	16	2	2
3	16	17	18	19	19	19	19	18	16	13	11	9	8	7	8	10	13	15	18	19	19	19	17	17	16	3	3
4	15	15	15	16	18	19	20	20	19	16	14	10	8	7	7	8	11	14	17	20	21	20	19	17	4	4	
5	15	13	13	13	15	17	19	21	21	19	17	13	10	7	6	7	9	12	16	19	21	22	21	18	5	5	
6	15	12	11	11	12	15	18	20	22	21	19	16	12	9	7	6	7	11	15	19	22	23	22	20	6	6	
7	17	13	10	9	9	11	15	18	21	22	21	19	15	11	8	7	7	9	13	17	21	23	23	22	7	7	
8	18	14	11	8	7	9	12	15	19	21	22	20	18	14	10	8	7	9	12	16	20	23	24	23	8	8	
9	20	16	12	8	7	7	9	12	16	19	21	21	19	16	13	10	9	9	12	15	19	22	24	24	9	9	
10	22	18	14	10	7	6	7	10	13	17	19	20	19	17	14	12	10	10	12	15	18	21	24	24	10	10	
11	23	20	16	11	8	6	6	8	11	14	17	18	19	18	16	14	12	11	12	15	18	21	23	24	11	11	
12	23	21	17	13	10	8	7	7	9	12	14	16	17	17	16	14	13	13	13	15	17	20	22	23	12	12	
13	23	21	19	15	12	9	8	7	8	10	12	14	15	16	15	15	14	14	14	15	17	19	21	22	13	13	
14	23	22	20	17	14	11	9	8	8	9	10	12	13	14	14	14	14	15	15	16	17	19	20	21	14	14	
15	22	21	20	18	16	13	11	10	9	9	10	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	19	20	15	15	
16	20	20	20	18	17	15	14	12	11	10	10	10	10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	19	16	16	
17	19	19	19	18	17	17	15	14	13	11	10	10	9	10	11	12	14	15	17	18	18	18	18	18	17	17	
18	17	17	17	17	17	17	17	16	15	13	12	10	9	9	10	11	13	15	17	18	19	19	18	17	18	18	
19	16	15	15	15	16	17	18	18	17	15	13	11	10	9	9	10	12	15	17	19	20	20	19	17	19	19	
20	15	14	13	13	14	16	18	18	18	17	15	13	11	9	8	9	12	14	17	20	21	21	20	17	20	20	
21	15	12	11	11	12	14	16	18	19	19	17	15	12	10	8	9	11	14	17	20	22	23	21	19	21	21	
22	15	12	9	9	9	11	14	17	19	20	19	17	14	11	9	9	10	13	17	20	23	24	23	21	22	22	
23	17	13	9	7	7	9	12	15	18	20	20	18	16	13	10	9	9	12	15	20	23	25	25	23	23	23	
24	19	14	10	7	5	6	9	12	16	19	20	19	17	14	12	10	9	11	14	18	22	25	26	25	24	24	
25	21	17	12	8	5	4	6	9	13	16	19	19	18	16	13	11	10	11	13	17	21	24	26	26	25	25	
26	24	20	15	10	6	4	4	7	10	13	17	18	19	17	15	13	11	11	13	16	19	23	25	26	26	26	
27	25	22	18	13	8	5	4	5	7	10	14	16	18	17	16	15	13	12	13	15	17	21	23	25	27	27	
28	25	23	20	16	12	8	6	5	6	8	11	14	16	17	17	16	15	14	14	15	16	19	21	23	28	28	
29	24	23	21	18	15	11	8	6	6	7	8	11	13	15	16	16	16	16	15	16	16	17	19	21	29	29	
30	22	22	21	20	17	14	11	9	7	7	7	9	11	13	15	16	17	17	17	17	17	17	17	18	30	30	
31	19	20	20	20	19	17	15	12	10	8	7	8	9	10	12	15	17	18	19	19	18	18	17	16	31	31	



## 33. SURABAYA (PELABUHAN)

07°2 S — 112°7 T

NOPEMBER 1995

Waktu: G.M.T. + 07.00

J T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J T
1	16	17	18	18	18	18	17	15	13	11	9	8	8*	8	10	13	16	18	20	20*	20	19	17	16	1
2	15	14	15	16	17	18	18	18	16	14	11	9	8*	8	9	11	14	17	20	21	22*	21	19	16	2
3	14	12	12	13	14	16	18	19	18	17	14	12	9	8*	8	10	12	16	19	22	23*	22	20	17	3
4	14	11	10	10	11	13	16	18	19	19	17	14	11	9	8*	9	11	15	18	22	24*	24	22	19	4
5	15	12	9	8*	8	10	13	16	19	19	19	17	14	11	9	9	11	14	17	21	24	25*	24	21	5
6	17	13	9	7	6*	8	11	14	17	19	19	18	16	13	11	10	11	13	16	20	23	25*	25	23	6
7	19	14	10	7	5*	6	8	11	14	17	19	19	17	15	13	11	11	13	16	19	22	25*	25	24	7
8	21	16	12	8	5*	5	6	9	12	15	17	18	18	16	14	13	12	13	15	18	21	24	25*	25	8
9	22	18	14	10	6	5*	5	7	10	13	15	17	17	17	15	14	13	14	15	18	21	23	25*	25	9
10	23	20	16	12	8	6	5*	6	8	10	13	15	16	16	16	15	14	14	15	17	20	22	24*	24	10
11	23	21	18	14	10	7	6*	6	7	9	11	13	15	15	16	15	15	15	16	17	19	21	23	24*	11
12	23*	22	19	16	12	9	7	6*	7	8	10	12	13	15	15	15	15	15	16	17	18	20	21	22	12
13	22*	22	20	17	14	11	9	8	7*	8	9	11	12	14	15	15	16	16	16	17	18	19	20	21	13
14	21*	21	20	18	16	13	11	10	9	8*	9	10	11	13	14	15	16	17	17	17	18	18	19	19	14
15	19	19*	19	18	17	15	13	12	10	9	9*	9	10	12	13	15	16	17	18	18	18	18	18	17	15
16	17	17	17	17	16	15	14	12	11	10	10*	10	11	12	14	16	18	19	19*	19	18	17	16	16	16
17	15	15	15	15	16	16	16	15	14	13	11	10	10*	10	12	14	16	18	20	21*	21	19	18	15	17
18	14	13	12	13	14	15	16	16	16	15	13	11	10*	10	11	13	15	18	21	22*	22	21	19	16	18
19	13	11	10*	10	14	13	15	17	17	16	15	13	11	10*	10	12	14	18	21	23	24*	23	21	17	19
20	14	10	8	7*	8	10	13	16	17	18	17	15	13	11	10	11	13	17	20	23	25*	25	23	20	20
21	15	11	8	6*	6	8	10	14	16	18	18	17	14	12	11	11	12	15	19	23	26	27*	25	22	21
22	18	13	8	5	4*	5	7	11	14	17	18	18	16	14	12	11	12	14	17	21	25	27*	27	25	22
23	21	16	10	6	4	3*	5	8	12	15	17	18	17	16	14	12	12	13	16	19	23	26	27*	26	23
24	23	19	13	8	5	3*	3	5	9	12	16	18	18	17	15	14	13	13	15	17	21	24	26	27*	24
25	25	21	17	11	7	4	3*	4	6	10	13	16	18	18	17	15	14	13	14	16	19	22	24	26*	25
26	25*	23	19	15	10	6	4	3*	5	7	11	14	16	17	18	17	16	15	15	15	17	20	22	24	26
27	24*	23	21	18	13	9	6	5*	5	6	8	11	14	16	17	18	17	17	16	16	16	18	19	21	27
28	22*	22	21	19	16	13	10	7	6*	6	7	9	12	14	17	18	18	18	18	17	17	17	17	18	28
29	19	20*	20	19	18	15	13	10	8	7*	7	8	10	12	15	17	19	19	19	19	18	17	16	16	29
30	16	17	17	18	18	17	15	13	11	9	8*	8	9	11	13	16	18	20	21*	20	19	18	16	15	30

## DESEMBER 1995

J T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J T
1	14	14	14	15	16	16	16	15	14	12	10	9*	9	10	12	14	17	20	21	22*	21	20	17	15	1
2	13	12	12	12	14	15	16	16	16	15	13	11	10*	10	11	13	16	19	21	23*	23	21	19	16	2
3	13	10	9*	9	11	13	15	16	17	16	15	13	12	11	11	12	15	18	21	23	24*	23	21	18	3
4	14	10	8	7*	8	10	12	15	16	17	17	15	14	12	11	12	14	17	20	23	25*	25	23	20	4
5	15	11	8	6*	6	7	10	12	15	17	17	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25*	25	24	22	5
6	18	13	9	6	5*	5	7	10	13	16	17	17	16	15	14	13	14	16	18	21	24	26*	25	23	6
7	20	15	10	7	4*	4	5	8	11	14	16	17	17	16	15	14	14	15	18	20	23	25	26*	24	7
8	21	17	13	8	5	4*	4	6	9	12	15	16	17	16	15	14	14	15	17	19	22	24	26*	25	8
9	23	19	15	10	7	4*	4	5	7	10	13	15	16	16	16	15	15	15	16	18	21	23	25*	25	9
10	24*	21	17	12	9	6	4*	5	6	9	12	14	16	16	16	16	15	15	16	17	20	22	24*	24	10
11	24*	22	18	14	11	8	6	5*	6	8	11	13	15	16	16	16	16	15	16	17	18	20	22	23	11
12	23*	22	19	16	13	10	7	6*	6	8	10	12	14	16	17	17	16	16	16	17	18	20	21	12	
13	21*	21	19	17	14	12	9	8	7*	8	9	11	13	15	17	17	17	17	17	16	17	17	18	19	13
14	19	19*	19	17	16	13	11	10	9	8*	9	11	13	15	16	18	18	18	18	17	17	16	16	16	14
15	17	17	17	17	16	15	13	12	10	10*	10	10	12	14	16	18	19	20*	20	19	18	17	16	15	15
16	14	14	15	15	15	15	14	13	12	11	11*	11	11	13	15	17	19	21	21*	21	20	18	16	14	16
17	13	12	12	13	13	14	15	15	14	13	12	11*	11	12	14	16	19	21	22	23	22	20	17	14	17
18	12	10	9*	10	11	12	14	15	15	15	14	13	12	12	13	15	18	20	23	24*	24	23	20	16	18
19	12	9	7*	7	8	10	12	14	16	16	15	14	13	12	12	13	16	19	22	25	26*	25	22	19	19
20	14	10	7	5*	5	7	10	13	15	17	17	16	14	13	12	12	14	17	21	24	26	27*	25	22	20
21	17	12	7	4	3*	4	7	10	14	16	18	17	16	14	13	12	13	15	19	23	26	27*	27	24	21
22	20	15	9	5	3	2*	4	8	11	15	17	18	18	16	14	13	12	14	17	20	24	27	28*	26	22
23	23	18	12	7	4	2*	2	5	9	13	16	18	18	17	16	14	13	13	15	18	21	25	27*	27	23
24	25	21	16	10	6	3	2*	3	6	10	14	17	19	19	17	16	14	13	14	16	19	22	25	26*	24
25	25*	23	19	14	9	5	3*	3	5	8	12	15	18	19	18	17	16	14	14	15	17	19	22	24	25
26	24*	23	20	16	12	8	5	4*	5	7	10	13	16	18	19	18	17	16	15	15	15	17	19	21	26
27	22*	22	21	18	15	11	8	6*	6	7	9	12	14	17	19	19	19	18	16	15	15	16	17	18	27
28	19	20*	20	18	16	14	11	9	8	7*	8	10	13	15	18	19	20*	19	18	17	16	15	15	15	28
29	16	17	17	17	16	15	13	12	10	9*	9	10	12	14	16	18	20	20*	20	19	18	16	15	14	29
30	14	14	14	15	15	15	15	14	13	12	11*	11	12	13	15	17	19	21	21*	21	20	18	16	14	30
31	12	11*	11	12	13	14	14	15	14	14	13	12	12	13	14	16	18	20	22*	22	21	20	17	14	31

## LAMPIRAN G



Tabel perhitungan spektrum gelombang dengan metode ITTC

Diketahui  $H_s = 30$  cm

$T_s = 2$  detik

$$S(w) = (A/w^5) e^{-(B/w^4)}$$

$$A = 8.1 \times 10^3 \times (g)^2 = 7.9 \text{ cm}^2/\text{dt}^4$$

$$B = (3.11 \times 10^4) / (H_s)^2 = 3.45 / \text{cm}^2$$

$\omega$	$w^2$	$w^4$	$w^5$	$A/w^5$	$B/w^4$	$e^{-(B/w^4)}$	$S(w)$	F.S	m0	$w^2(S(w) F.S$	m2	$w^4(S(w)) F.S$	m4
0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
0.1	0.01	0.00	0.000	793800	350000	0	0	4	0	0	4	0	0
0.2	0.04	0.00	0.000	24806	21875	0	0	2	0	0	2	0	0
0.3	0.09	0.01	0.002	3266.7	4320.988	0	0	4	0	0	4	0	0
0.4	0.16	0.03	0.01	775.2	1367.188	0	0	2	0	0	2	0	0
0.5	0.25	0.06	0.031	254.02	560	0	0	4	0	0	4	0	0
0.6	0.36	0.13	0.078	102.08	270.0617	0	0	2	0	0	2	0	0
0.7	0.49	0.24	0.168	47.23	145.7726	5.20E-64	2E-62	4	1E-61	3E-64	4	1E-63	1E-64
0.8	0.64	0.41	0.328	24.225	85.44922	7.8E-38	2E-36	2	4E-36	5E-38	2	1E-37	3E-38
0.9	0.81	0.66	0.59	13.443	53.34553	7.1E-24	1E-22	4	4E-22	6E-24	4	2E-23	5E-24
1	1	1	1	7.938	35	6.3E-16	5E-15	2	1E-14	6E-16	2	1E-15	6E-16
1.1	1.21	1.46	1.611	4.9289	23.90547	4E-11	2E-10	4	8E-10	5E-11	4	2E-10	6E-11
1.2	1.44	2.07	2.488	3.1901	16.87886	4.7E-08	1E-07	2	3E-07	7E-08	2	1E-07	1E-07
1.3	1.69	2.86	3.713	2.1379	12.25447	5E-06	1E-05	4	4E-05	8E-06	4	0.00003	0.00001
1.4	1.96	3.84	5.378	1.4759	9.110787	1.1E-04	0.0002	2	0.0003	0.0002	2	0.00043	0.00042
1.5	2.25	5.06	7.594	1.0453	6.91358	1.0E-03	0.001	4	0.0042	0.0023	4	0.009	0.00506
1.6	2.56	6.55	10.49	0.757	5.340576	5E-03	0.0038	2	0.0076	0.0128	2	0.0256	0.03277
1.7	2.89	8.35	14.2	0.5591	4.190563	0.016	0.0089	4	0.0358	0.0462	4	0.18496	0.13363
1.8	3.24	10.5	18.9	0.4201	3.334095	0.036	0.0151	2	0.0302	0.1166	2	0.23328	0.37791
1.9	3.61	13	24.76	0.3206	2.685676	0.06	0.0192	4	0.0769	0.2166	4	0.8664	0.78193
2	4	16	32	0.2481	2.1875	0.11	0.0273	2	0.0546	0.44	2	0.88	1.76
2.1	4.41	19.4	40.84	0.1944	1.799662	0.16	0.0311	4	0.1244	0.7056	4	2.8224	3.1117
2.2	4.84	23.4	51.54	0.154	1.494092	0.2	0.0308	2	0.0616	0.968	2	1.936	4.68512
2.3	5.29	28	64.36	0.1233	1.25071	0.28	0.0345	4	0.1381	1.4812	4	5.9248	7.83555
2.4	5.76	33.2	79.63	0.0997	1.054929	0.34	0.0339	2	0.0678	1.9584	2	3.9168	11.2804
2.5	6.25	39.1	97.66	0.0813	0.896	0.4	0.0325	4	0.1301	2.5	4	10	15.625



2.6	6.76	45.7	118.8	0.0668	0.765905	0.46	0.0307	2	0.0615	3.1096	2	6.2192	21.0209	2	42.0418
2.7	7.29	53.1	143.5	0.0553	0.658587	0.52	0.0288	4	0.1151	3.7908	4	15.1632	27.6349	4	110.54
2.8	7.84	61.5	172.1	0.0461	0.569424	0.57	0.0263	2	0.0526	4.4688	2	8.9376	35.0354	2	70.0708
2.9	8.41	70.7	205.1	0.0387	0.494853	0.61	0.0236	4	0.0944	5.1301	4	20.5204	43.1441	4	172.577
3	9	81	243	0.0327	0.432099	0.6	0.0196	2	0.0392	5.4	2	10.8	48.6	2	97.2
3.1	9.61	92.4	286.3	0.0277	0.378984	0.68	0.0189	4	0.0754	6.5348	4	26.1392	62.7994	4	251.198
3.2	10.24	105	335.5	0.0237	0.333786	0.72	0.017	2	0.0341	7.3728	2	14.7456	75.4975	2	150.995
3.3	10.89	119	391.4	0.0203	0.295129	0.744	0.0151	4	0.0604	8.1022	4	32.4086	88.2325	4	352.93
3.4	11.56	134	454.4	0.0175	0.26191	0.769	0.0134	2	0.0269	8.8896	2	17.7793	102.764	2	205.528
3.5	12.25	150	525.2	0.0151	0.233236	0.791	0.012	4	0.0478	9.6898	4	38.759	118.699	4	474.798
3.6	12.96	168	604.7	0.0131	0.208381	0.81	0.0106	2	0.0213	10.498	2	20.9952	136.049	2	272.098
3.7	13.69	187	693.4	0.0114	0.18675	0.82	0.0094	4	0.0375	11.226	4	44.9032	153.681	4	614.725
3.8	14.44	209	792.4	0.01	0.167855	0.845	0.0085	2	0.0169	12.202	2	24.4036	176.194	2	352.388
3.9	15.21	231	902.2	0.0088	0.15129	0.86	0.0076	4	0.0303	13.081	4	52.3224	198.956	4	795.824
4	16	256	1024	0.0078	0.136719	0.87	0.0067	1	0.0067	13.92	1	13.92	222.72	1	222.72
										$\Sigma 0 =$	1.4517	$\Sigma 2 =$	374.816	$\Sigma 4 =$	4331.88

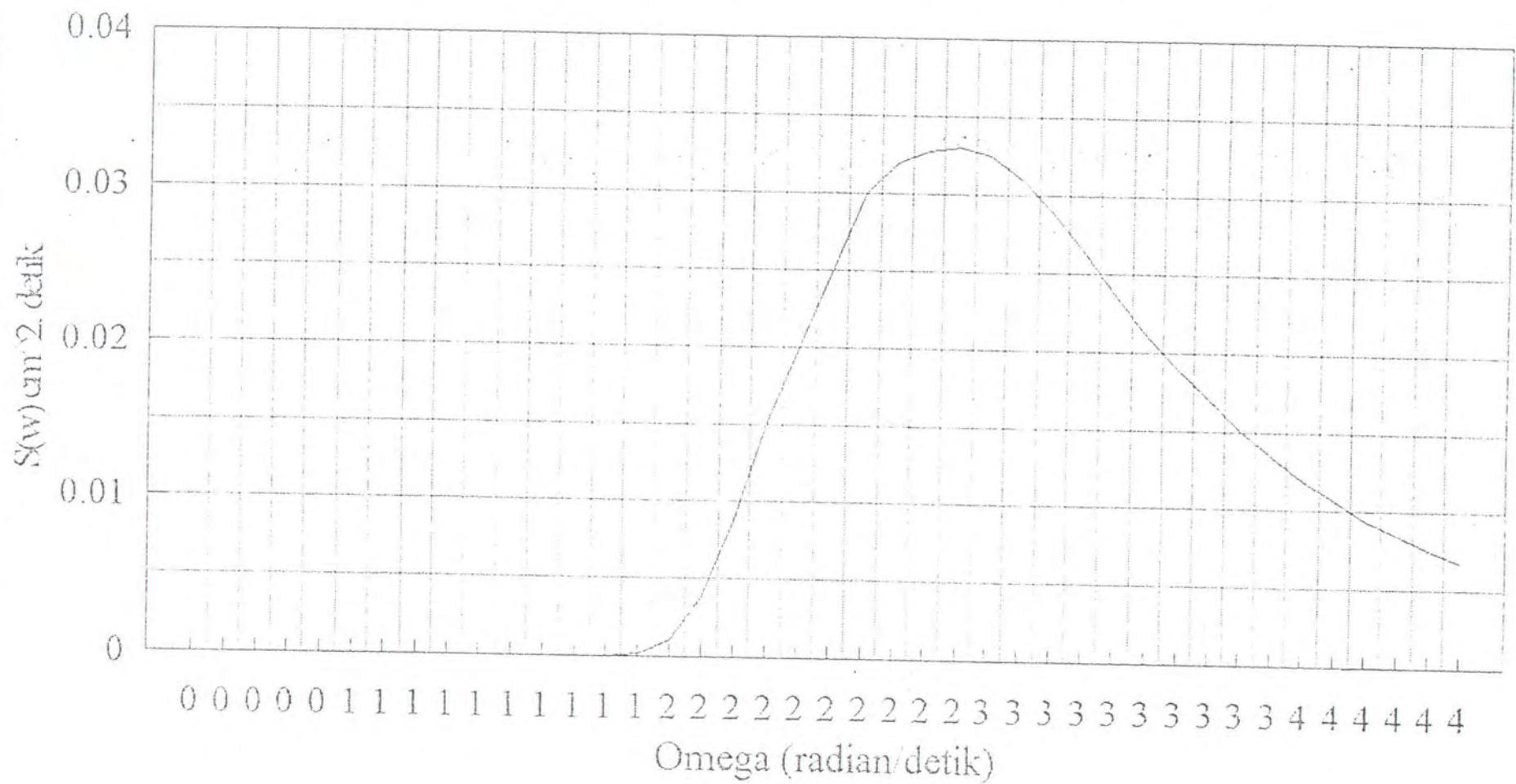
Nilai  $m_0$ ,  $m_2$ ,  $m_4$  adalah :

$$m_0 = \frac{1}{3}(dw) \Sigma 0 = \frac{1}{3}(0.1)(1.4517) \\ = 0.04839$$

$$m_2 = \frac{1}{3}(dw) \Sigma 2 = \frac{1}{3}(0.1)(374.816) \\ = 12.4938$$

$$m_4 = \frac{1}{3}(dw) \Sigma 4 = \frac{1}{3}(0.1)(4331.88) \\ = 144.396$$

# Spektra Gelombang (ITTC)



—  $f(\omega, S(\omega))$

